Lane Medical Library

Experimentelle Untersuchungen

1892

über den

Lungengaswechsel bei den verschiedenen Formen des Pneumothorax.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Grades eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung

Einer Hochverordneten medicinischen Facultät der Kaiserlichen Universität zu Dorpat

zur öffentlichen Verteidigung bestimmt

von

Alexander Blumenthal.

Ordentliche Opponenten:

Doc. Dr. E. Stadelmann. — Prof. Dr. H. Unverricht. — Prof. Dr. R. Thoma.

Dorpat.

Druck von C. Mattiesen.

1892.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät.
Referent: Professor Dr. H. Unverricht.
Dorpat, den 3. März 1892.
Nr. 159. Decan: Dragendorff.

Meinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.

Meinen Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.

Beim Scheiden von der hiesigen Hochschule sei es mir gestattet, allen meinen academischen Lehrern für die mir zu Teil gewordene wissenschaftliche Ausbildung meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Insbesondere bitte ich meinen hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Unverricht, sowol für das vorliegende Thema, wie auch für die vielfache liebenswürdige Unterstützung mit Rat und That bei Abfassung der Arbeit, meinen tiefempfundenen Dank entgegennehmen zu wollen.

Meinen Herren Collegen, Dr. med. E. Orlowski aus Warschau und Drd. P. Turtschaninow, danke ich bestens für die liebenswürdige Hilfeleistung bei den Operationen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154018_0140

Einleitung.

Die hauptsächlich durch die grundlegenden Arbeiten von Thoma [1]) und Weil [2]) aufgebaute Lehre vom Pneumothorax hat in jüngster Zeit eine weitere Bearbeitung erfahren. Auf Anregung und unter Leitung von Herrn Prof. Unverricht entstand im Laboratorium der hiesigen medicinischen Klinik eine Reihe von experimentellen Arbeiten, die teils die von früher auf diesem Gebiete gewonnenen Resultate einer Prüfung unterzogen, teils neue Aufgaben zu lösen anstrebten.

Zunächst veröffentlichte Szupak [3]) seine Untersuchungen über die endlichen Schicksale der im Pleuraraum angesammelten Luft, wobei er sowol das gesunde, wie auch das entzündlich veränderte Brustfell auf seine Resorptionsfähigkeit für Luft näher studirt hat.

Nächstdem erschien die Inaugural-Dissertation von Kreps [4]), in der die Resultate über die Wirkung der verschiedenen Formen des Pneumothorax auf die Atmungsbewegungen niedergelegt wurden. Ein weiterer Beitrag wird in der nächstdem zu erscheinenden Arbeit von Lieven gegeben.

---

1) A. Weil und R. Thoma. Zur Pathologie des Hydrothorax und Pneumothorax. Virchow's Archiv. Bd. LXXV. 1879.

2) A. Weil. Zur Lehre vom Pneumothorax. Experimentelle und klinische Untersuchungen. Deutsch. Archiv f. klin. Med. Bde. XXV, XXVIII, XXXI.

3) J. Szupak. Experimentelle Untersuchungen über den Pneumothorax. Inaug.-Dissert. Dorpat 1891.

4) M. Kreps. Ueber die Atmungsbewegungen bei den verschiedenen Formen des Pneumothorax. Experimentelle Untersuchungen. Dorpat 1891.

Es lag nun nahe, namentlich im Anschluss an die Ergebnisse der Kreps'schen Untersuchungen, die Frage über die Wirkung der Gasansammlung in der Pleurahöhle auf den Atemmechanismus von einer anderen Seite zu ventiliren, indem die respirirten Luftmengen direct bestimmt werden sollten.

Das an dieses Thema sich knüpfende Interesse ist desto reger, weil es sich daraus einzig allein Aufschlüsse über die Grösse des respiratorischen Gaswechsels ergeben, und auf diese Weise das Studium der bei Pneumothorax gestörten Atemmechanik wesentlich befördert wird.

Ich ging deshalb gern auf den Vorschlag des Herrn Prof. Unverricht ein, die zuletzt erwähnte Aufgabe in Angriff zu nehmen, um so mehr, als die wenigen, in dieser Richtung fallenden Arbeiten einerseits wegen Unvollkommenheit der benutzten Respirationsapparate nicht genug exact waren, andererseits nicht alle Arten von Pneumothorax, und diese auch nicht im genügender Weise, berücksichtigt haben.

Die ersten diesbezüglichen Versuche wurden von Guttmann [1]) im Jahre 1867 veröffentlicht. Derselbe hat teils im Anschluss an physiologische Thatsachen, teils an klinische Beobachtungen die Frage studirt, wie sich die Menge der in einer bestimmten Zeit eingeatmeten Luft bei künstlich erzeugten dyspnoëtischen Zuständen gegenüber der Luftaufnahme in normalem Zustande verhält, und hat nun unter Anderem zwei Versuche an Kaninchen angestellt, in denen die Atemgrösse vor und nach der Eröffnung einer Thoraxhälfte bestimmt wurde.

Abgesehen von der geringen, wenig beweiskräftigen Zahl seiner Experimente, werden die von ihm gewonnenen Schlüsse auch dadurch beeinträchtigt, dass die dabei angewendeten Apparate, der luftmessende Hutschinson'sche Spirometer und die die In- von der Exspirationsluft trennenden Müller'schen Quecksilberventile ziemlich grosse Widerstände darbieten, wodurch der gesuchte Wert schon an und für sich alterirt wird.

1) Paul Guttmann. Ein Beitrag zur Physiologie und Pathologie der Respiration. Virchow's Archiv. Bd. XXXIX. 1867.

Einen wesentlichen Fortschritt in der Technik finden wir bei Leichtenstern [1]), der bei seinen, ebenfalls an Kaninchen angestellten Versuchen den Spirometer durch die Gasuhr und die Müller'schen durch die Voit'schen Ventile ersetzte. Seine Versuchszahl ist aber ebenfalls recht gering, es liegen nur zwei diesbezügliche Experimente vor, und beide sind dazu in einander entgegengesetztem Sinne ausgefallen.

Zum speciellen Studium auf dem uns interessirenden Gebiete schritten zuerst Weil und Thoma [2]). Dieselben haben an ihren Versuchskaninchen geschlossenen und offenen Pneumothorax erzeugt und beobachteten nun, wie sich unter Einfluss dieses Eingriffes die Atemfrequenz, die Atemgrösse und die Kohlensäureausscheidung änderten. Der von ihnen benutzte Respirationsapparat war im Wesentlichen, wie bei Leichtenstern construirt, nur vielfach modificirt und vervollkommnet. Zur Ueberwindung der der Einatmung entgegenstehenden Widerstände wurde die Kraft des Wassers ausgenutzt, die vermittelst einer Fischer'schen Wasserstrahlpumpe verdichtete Luft erzeugte, wobei gleichzeitig ein Sicherheitsventil den Druck regulirte.

In Bezug auf die näheren Eigentümlichkeiten dieses recht complicirten Apparates verweise ich den Leser auf die Originalarbeit. Die einzelnen Versuche wurden mit grosser Sorgfalt ausgeführt und ergaben im Grossen und Ganzen für geschlossenen Pneumothorax Steigerung der Atemfrequenz, der Atemgrösse und der Kohlensäureausscheidung, dagegen für den offenen Pneumothorax Sinken all' dieser Werte.

Wie aus Vorhergehendem ersichtlich, haben sämmtliche Autoren, die sich mit der Frage der Beeinflussung der Atemgrösse vom Pneumothorax beschäftigt haben, ausschliesslich an Kaninchen experimentirt.

Hunde, als Versuchstiere zum Studium des Pneumothorax überhaupt angewandt, finden wir zuerst in der interessanten Arbeit von Weil [3]).

---

1) O. Leichtenstern. Versuche über das Volumen der unter verschiedenen Umständen ausgeatmeten Luft. Zeitschrift f. Biologie. Bd. VII. 1871.

2) l. c.

3) l. c. Bd. XXV. pag. 23.

Derselbe untersuchte an einer ganzen Reihe von Hunden und Kaninchen Menge und Druck der pneumothoracischen Luft und beobachtete ausserdem die Atemfrequenz und die Tiefe der respiratorischen Excursionen des Thorax an aufgenommenen Curven. Gelegentlich der Schlüsse, die er aus seinen Versuchsserien abgeleitet hat, machte Weil aufmerksam auf das verschiedene, in mancher Hinsicht sogar geradezu entgegengesetzte Verhalten der beiden Tierspecies den einzelnen Pneumothoraxarten gegenüber [1]).

Die Atemgrösse, welche er früher in der gemeinsam mit Thoma [2]) verfassten Arbeit an Kaninchen studirte, machte er aber in dieser späteren Arbeit nicht mehr zum Gegenstand der Untersuchung, und so blieb in der so eingehend experimentell studirten Lehre vom Pneumothorax eine Lücke, deren Ausfüllung eben mir jetzt zu Teil wurde.

Es kam noch ein anderer Grund dazu.

Die am Anfang dieses Kapitels berichteten, auf Anregung von Herrn Prof. Unverricht entstandenen Arbeiten wurden sämmtlich an Hunden ausgeführt. Es lag nun nahe, dieses so vielseitig studirte Bild des Pneumothorax an derselben Tierart auch weiter zu verfolgen, um seinen eventuellen Abschluss baldmöglichst zu erzielen.

Methode der Untersuchung.

Zur Messung der während einer bestimmten Zeit eingeatmeten Luftmenge habe ich mich eines aus der Fabrik von Rohrbeck in Berlin bezogenen Experimentirgasmessers bedient. Derselbe ist im Wesentlichen nach der

1) l. c. Bd. XXV. pag. 34 und 38.
2) l. c. pag. 505.

Art der üblichen, dem Clegg'schen System angehörenden, nassen Gasuhren gebaut und wird mit gewöhnlichem, nicht destillirtem Wasser gefüllt. Die mit dem Uhrwerk verbundenen zwei Zeiger bewegen sich auf einem Zifferblatt, das in 180 Teile geteilt ist. Der längere der beiden Zeiger beschreibt auf der Kreisteilung der Gasuhr in derselben Zeit einen 60 Mal grösseren Bogen, als der kürzere, somit stellt sein, den Luftverbrauch angebende Wert den 60-sten Teil des Wertes des anderen Zeigers dar.

Die von der betreffenden Fabrik mitgeteilten Angaben, wonach ein voller Umgang des längeren Zeigers am Zifferblatte dem Durchgang von 3 Liter Luft entsprechen soll, bedurften zunächst einer Nachprüfung, und so war meine erste Aufgabe, die mir zur Verfügung gestellte Gasuhr zu aichen, um den eventuellen Fehler bei meinen späteren Versuchen in Rechnung zu ziehen.

Die Aichung beabsichtigte ich anfangs nach der von Voit[1]) angegebenen Methode vorzunehmen, die darin besteht, dass ein in einem Aspirator befindliches, durch Wägung bei bestimmter Temperatur genau bekanntes Volumen Wasser, aus diesem in einen Glasballon abläuft und daraus ein gleich grosses Volumen Luft durch die Gasuhr verdrängt.

Ich liess zu diesem Zwecke, dem in erwähnter Arbeit abgebildeten Muster und den beigelegten Erläuterungen folgend, den ganzen Aichungsapparat construiren und machte eine ganze Reihe von Einzelbestimmungen, die mir einen Aufschluss über den wahren Wert der Teilstriche des Zifferblattes geben sollten.

Dabei lernte ich alsbald einen schwer zu beseitigenden Nachteil dieser Methode kennen, der auf einer ungenauen Abwägung beruht. Die bestmöglichen dazu anwendbaren Decimalwagen sind für solche Berechnungen noch viel zu wenig em-

1) C. Voit. Beschreibung eines Apparates zur Untersuchung der gasförmigen Ausscheidungen des Tierkörpers. Zeitschrf. f. Biologie Bd. XI 1875 pag. 563.

pfindlich, und hier bedingt ein jeder, bei der Berechnung des Wassergewichtes gemachte Fehler einen bedeutsamen Ausschlag in der Zahl der entsprechenden Ccm. Luft. Demgemäss sind auch meine Bestimmungen trotz der grössten Mühe und Sorgfalt in der Ausführung der Aichung sehr ungünstig ausgefallen.

Die für einen, vom grösseren Zeiger durchlaufenen Teilstrich gefundenen Werte waren viel zu abweichend (der Maximalwert betrug 16. 40 ccm., der Minimalwert 18. 55 ccm. Luft in 16 diesbezüglichen Versuchen), als dass sich die Resultate dieser Aichung verwerten liessen.

Ich wandte mich nun an die hiesige Gasanstalt, die sich im Besitz eines en gros eingerichteten Aichungsapparates befindet. Mittelst desselben werden alle Gasuhren, die aus dem Auslande bezogen werden und für Leuchtgasconsum bestimmt sind, zunächst in der Gasanstalt geaicht. Laut den betreffenden Angaben des hiesigen Gasmeisters ist der erwähnte Apparat recht zuverlässig, was schon daraus zu erschliessen ist, dass in den überaus meisten Fällen die hier erbrachten Resultate der Aichung der Gasuhren im vollen Einklang mit den entsprechenden Aichungsattestaten der ausländischen Fabriken stehen, und die etwa vorkommenden Differenzen nur selten $^1/_2\,\%$ übersteigen.

Mit diesem Apparat, der im Wesentlichen einem Hutschinson'schen Spirometer ähnelt, und dessen nähere Beschreibung ich mir hier erspare, habe ich nun eine ganze Reihe von Einzelbestimmungen gemacht, indem ich jedesmal eine ganze Anzahl, beispielsweise 100 Liter Luft, aus dem Aichungsapparat die Gasuhr passiren liess, und nun den neueren Stand der beiden Zeiger am Zifferblatte mit dem ursprünglich notirten verglich. Das Ergebniss einer solchen Bestimmung, die Zahl der durchlaufenen Teilstriche, wurde durch die Zahl der durchgetriebenen Liter dividirt, und somit der Wert des einzelnen Teilstriches der Kreisteilung (in seiner Beziehung zum Umlauf des grösseren Zeigers) ermittelt.

In der nachstehenden Tabelle finden sich die Resultate der vorgenommenen Aichung niedergelegt.

Nr. des Versuches.	Stand des Inneneylinders des Aichapparates, am Maasstab abgelesen.	Zahl der ausgetretenen Liter Luft.	Stand des kleineren Zeigers der Gasuhr.	Stand des grösseren Zeigers der Gasuhr.	Zahl der vom kleineren Z. passirten Teilstriche.	Zahl der vom gröss. Z. passirten Teilstriche.	Gesammtzahl der Teilstriche.	Wert eines Teilstriches, in ccm. berechnet.
1a*	0	100	135	0.5	99.0	58.0	5998.0	16.67
1b*	100		54	57.5				
2a	100	100	5	71.0	98.0	41.0	5921.0	16.87
2b	200		104	62.0				
3a	200	100	24	—	99.0	22.0	5962.0	16.77
3b	300		123	22.0				
4a	350	100	126	—	98.0	40.0	5920.0	16.89
4b	450		44	40.0				
5a	200	100	45	—	98.0	56.0	5936.0	16.84
5b	300		143	56.0				
6a	200	100	150	—	99.0	22.0	5962.0	16.77
6b	300		69	22.0				
7a	200	100	75	—	99.0	25.0	5965.0	16.76
7b	300		174	25.0				
8a	200	100	—	—	99.0	33.0	5973.0	16.74
8b	300		99	33.0				
9a	200	100	102	—	99.0	20.0	5960.0	16.77
9b	300		21	20.0				
10a	200	100	27	—	99.0	25.0	5965.0	16.76
10b	300		126	25.0				
11a	200	100	129	—	99.0	24.0	5964.0	16.76
11b	300		48	24.0				
12a	200	100	102	—	99.0	—	5940.0	16.83
12b	300		21	—				
13a	300	100	21	—	98.0	26.0	5906.0	16.93
13b	400		119	26.0				
14a	400	100	119	26.0	98.0	54.0	5934.0	16.85
14b	500		38	20.0				
15a	200	200	102	—	197.0	26.0	11846.0	16.88
15b	400		119	26.0				
16a	300	200	21	—	197.0	20.0	11840.0	16.89
16b	500		38	20.0				
17a	200	300	102	—	296.0	20.0	17780.0	16.87
17b	500		38	20.0				

*) **a** bedeutet den Stand der Gasuhr vor dem Anfang, **b** den nach dem Schluss des Einzelversuches.

Wie aus obiger Tabelle ersichtlich, habe ich im Ganzen 17 Einzelbestimmungen gemacht, und zwar in drei Sitzungen, an drei nacheinander folgenden Tagen, wobei ich jedesmal vor dem Anfangen der Versuche den Wasserstand in der Gasuhr, eventuell durch Nachfüllen mit frischem Wasser, genau auf dieselbe Höhe eingestellt habe. Die Temperatur des Wassers und der Luft habe ich nicht näher berücksichtigt, weil sie allemal annähernd dieselbe war (15 R°). Die erhaltenen Resultate der Aichung schwanken nur in mässigen Grenzen, wie es die nur 0.26 betragende Differenz zwischen dem Maximum- (16.93) und dem Minimumwert (16.67) eines Teilstriches beweist, wogegen sich bei der nach Voit'scher Methode vorgenommenen Aichung die entsprechende Zahl auf 2. 25 belief. [1])

Bei Berechnung nach dem Gesetz des arithmetischen Mittels ergiebt sich an den 17 obigen Versuchen der Wert von 16.81, aus den beiden extremen Zahlen 16.80. Der Einfachheit wegen wähle ich die letzte Zahl als die maassgebende. Vergleicht man diese Zahl mit der nach Angaben der Rohrbeck'schen Fabrik lautenden (16.67), so ergiebt sich für einen Teilstrich ein Unterschiedswert von 0.13 ccm., ein Fehler, der bei meinen Bestimmungen der Atemgrösse wol ins Gewicht fallen würde.

Nachdem ich auf diese Weise mit der Gasuhr fertig wurde, wendete ich meine Aufmerksamkeit einem anderen Teil des Respirationsapparates zu, nämlich den Vorrichtungen zur Trennung der In- von der Exspirationsluft. Dieser Teil meiner Aufgabe ist gerade bei Erforschung der Atemgrösse von so eminenter Wichtigkeit, dass ich nicht umhin kann, mich etwas ausführlicher über diesen Gegenstand auszusprechen.

Die Ventilfrage war seit Alters her, soweit man sich mit der Physiologie und Pathologie der Atmung beschäftigte, stets der wunde Punkt eines fast jeden Respirationsapparates, und es hat daher an zahlreichen Forschern nicht gefehlt, die sich mit der Construction geeigneter und zuverlässiger Ventile befasst haben.

1) cfr. pag. 12.

In ihrer über die Luftdichtigkeit der Lunge handelnden Arbeit besprechen Ewald und Kobert auch diesen Gegenstand [1]) und machen dabei auf Grund theoretischer Ueberlegung und practischer Erfahrung auf die vielen Schwierigkeiten aufmerksam, mit denen man bei Einrichtung eines zweckentsprechenden Ventils kämpfen muss. Man hat, laut ihren Schlussfolgerungen, zu gleicher Zeit zwei Anforderungen zu genügen, nämlich der des Dichthaltens des Ventils bei möglichst hohem Druck und der des möglichst kleinen Oeffnungsüberdruckes. Im Anschluss an diese Erörterungen findet sich in erwähnter Arbeit eine kritische Beschreibung einzelner, in früherer Zeit von verschiedenen Autoren, wie Kramer, Mordhorst, Goltz und Gaule, Williams, construirten Ventile, meistenteils Blasenventile, unter denen aber keins war, „das bei einem sehr hohen Drucke, wie es beim Saugen oder forcirtem Atmen vorkommt, dicht hielte, und sich doch schon bei einem Ueberdruck von höchstens 1 mm. Quecksilber öffnete."

Unter den am meisten bekannten Ventilen sind die berüchtigten Müller'schen Quecksilberventile zu nennen. Dieselben haben eine Zeit lang einzig allein in der experimentellen Physiologie und Pathologie geherrscht und haben auch Nachahmungen erfahren, die alle die wesentliche Idee der Müller-schen Ventile beibehalten haben.

Bei ihren vorzüglichen Leistungen, die auf absolut sicherer Trennung der In- von der Exspirationsluft beruhen, haben aber die genannten Ventile ihre schwerwiegenden Schattenseiten. Die durch sie bedingten Widerstände sind von solcher Intensität, dass die von ihnen vermittelte Respiration leicht in's Stocken gerät, und sich schwere dyspnoëitische Zustände einstellen, die eine längere Benutzung eines mit solchen Ventilen versehenen Respirationsapparates unmöglich machen.

Es hat nun Voit [2]) im Jahre 1875 einen Apparat zur Untersuchung der gasförmigen Ausscheidungen des Tierkörpers

1) J. R. Ewald und R. Kobert. Ist die Lunge luftdicht? Archiv f. d. gesammte Physiologie von Pflüger. Bonn 1883 pag. 171—172.

2) l. c. pag. 554.

beschrieben, wo eine neue, von ihm selbst construirte Ventilart angegeben wurde.

Die nach diesem Autor genannten Ventile, deren nähere Beschreibung ich, auf die Originalarbeit hinweisend, weglasse, und bei denen ebenfalls das Quecksilber den Abschluss der Luft besorgte, hatten wol im Vergleich mit den Müller'schen grosse Vorzüge.

Die von ihnen den Atembewegungen entgegengesetzten Hindernisse waren wesentlich verkleinert, wenn auch nicht vollständig aufgehoben.

Dieser letzte Zweck ist überhaupt nur ein Ideal, da ein jeder, noch so genial ausgedachte Respirationsapparat eine gewisse Summe von Widerständen in sich bergen muss, und unsere letzte Aufgabe besteht demgemäss nur darin, dieselbe so klein wie möglich zu gestalten, wodurch dann annähernd normale Verhältnisse bei der Atmung geschaffen werden.

Gestützt auf die günstigen Resultate, die bis jetzt mit Anwendung der Voit'schen Ventile bei Kaninchen gewonnen wurden, wollte ich anfangs dieselben ebenfalls für meine Hundeversuche verwerten. Die nähere Erfahrung belehrte mich alsbald, wie sehr ich mich in meinen Erwartungen täuschte, trotzdem ich die genannten Ventile in vielen Kalibern und verschiedenen Modificationen versucht habe.

Die durch dieselben bedingten Widerstände setzten der Atmung meines Versuchstieres so grosse Widerstände, dass schon nach wenigen Atemzügen dyspnoëtische, forcirte Respirationen zu Stande kamen, wodurch das Quecksilber in den beiden Ventilen hin und her geschleudert wurde und schliesslich in den die Trachealcanüle verbindenden Schlauch hineingelangte. Der Versuch musste schleunigst unterbrochen werden, weil sonst die Gefahr vorlag, dass das Quecksilber bei den nächstfolgenden Atemzügen in die Luftwege des Tieres hinübergelangt.

Dieser Uebelstand der Methode veranlasste wahrscheinlich Weil und Thoma [1]) schon bei ihren Kaninchenversuchen die Saugkraft des Wassers zur Ueberwindung der Widerstände zu

1) l. c. pag. 486.

benutzen. Sie richteten, wie schon früher erwähnt, einen Apparat ein, von welchem der durch ein Sicherheitsventil regulirte Druck besorgt wurde. Dadurch wird aber ein anderer Factor noch nicht beseitigt, der ebenfalls in störender Weise in die Verrichtungen des Respirationsapparates eingreift.

Ich habe nämlich bei meinen Vorversuchen die Erfahrung gemacht, dass schon nach verhältnissmässig kurzer Zeit der der Exspirationsluft der Tiere entstammende Wasserdampf sich zu einer relativ grossen Wassermenge verdichtet, welche sich in den engen Schenkeln der Voit'schen Ventile über dem Quecksilberniveau sammelnd, den richtigen Ventilvorgang ziemlich stark beeinträchtigt.

Dieser Umstand, vereinbar mit der grossen, nicht leicht zu überwindenden Complicirtheit des genannten Apparates, hielten mich ab, dem von Weil-Thoma vorgezeichneten Wege zu folgen, und ich suchte demnächst, mir durch eine neue Art von Ventilen auszuhelfen.

Dieselben wurden nach meinem Vorschlag vom hiesigen Mechaniker Schultze angefertigt und stellen nun zwei metallene, beiderseits offene, cylindrische Röhrchen dar, die etwa 5 cm. lang sind und $1^1/_2$ cm. im Durchmesser haben. Etwa 2 cm. von dem einen Ende eines jeden solchen Ventiles entfernt, ist im Lumen des Röhrchens eine Scheidewand angebracht, die von einer runden, nur 5 mm. grossen, central gelegenen Oeffnung durchbrochen ist. Von der einen Seite dieser durchlöcherten Scheibe, ihr anliegend, findet sich eine feine, $^1/_2$ mm. dicke, etwa 0.3 gramm schwere, frei bewegliche Gummimembran, die in Form eines Kreuzes ausgeschnitten ist, und leicht bei den geringsten Druckschwankungen in der Röhre spielt, indem sie bald mit ihrer mittleren Partie die erwähnte Oeffnung der Scheidewand vollständig dicht verschliesst, bald durch das sich Entfernen von der letzteren die freie Passage der Luft ermöglicht. In zu ausgiebiger Beweglichkeit wird die Membran beschränkt von einer im Kaliber etwas kleineren, ebenfalls beiderseits offenen und metallenen Schutzröhre, die in die zuerst beschriebene fast bis an die Scheidewand eingeschoben wird,

und von der einen, eben der letzteren zugekehrten Seite, zwei sich kreuzende, die Lichtung nur teilweise versperrenden Stangen besitzt. — Indem nun die Arme des genannten Gummikreuzes sich an die entsprechenden der Schutzröhre anlegen, wird ein eventuelles Umfallen oder gar ein vollständiges Herausfallen der Membran verhindert, und zu gleicher Zeit dem Luftstrom ein freier Weg durch die vier zwischen den Kreuzarmen befindlichen Oeffnungen angebahnt.

Verbindet man nun mit Hilfe von kurzen Kautschukschläuchen die entsprechenden Endstücke zweier solch' construirten Röhrchen mit beiden Enden eines T-rohres, dessen dritter Schenkel mit der Trachealkanüle in Verbindung gebracht wird, so haben wir zwei in den beiden Respirationsphasen in entgegengesetztem Sinne arbeitenden Ventile, indem zur Zeit, wo das eine geöffnet, stets das andere geschlossen wird. Wird auch endlich das andere, freie Ende des Inspirationsventiles mit der Auslassröhre der Gasuhr durch Kautschukschlauch verbunden, so ist damit der ganze Respirationsapparat im Wesentlichen geschildert, mit dem ich behufs der Bestimmung der Atemgrösse gearbeitet habe [1]).

Die durch das Inspirationsventil geschöpfte Luft passirt vorher die Gasuhr, wobei sie quantitativ bestimmt wird, die Exspirationsluft gelangt ohne Weiteres durch das Exspirationsventil frei nach aussen.

Fragt man nun nach den Vorzügen, die die von mir angewandten Ventile vor den vorher beschriebenen besitzen, so ist vor Allem auf die bedeutende Verringerung der Widerstände hinzuweisen, die mit diesen Ventilen erreicht wurde. Bringt man die Versuchstiere ausschliesslich mit diesen Ventilen in Verbindung, so können dieselben, wie ich mich an zwei Hunden überzeugt habe, stundenlang atmen, ohne dass dabei die ge-

1) In den letzten Versuchen habe ich den hier geschilderten Apparat insofern modificirt, als ich noch zwischen das Inspirationsventil und die Gasuhr ein geräumiges Luftreservoir einschaltete, aus dem demnächst in erster Linie das Versuchstier die nötige Luftmenge schöpfte. Der dadurch bedingte Vorteil besteht darin, dass die bei jedem Atemzuge zu überwindenden Widerstände um Wesentliches verkleinert werden.

ringsten Atmungsbeschwerden zu bemerken wären. Die Tiere respirirten ruhig weiter, und es war weder von Dyspnoë, noch von irgend welcher merklichen Zu- resp. Abnahme der Atemfrequenz oder der Atemtiefe die Rede.

Allerdings verändert sich dieses Bild, sobald man auch die Gasuhr hinzufügt. Dann bedingt der lange, nicht zu umgehende, das Inspirationsventil mit der Gasuhr verbindende Schlauch, und auch zum Teil die letztere, eine nicht zu unterschätzende Quote von Widerständen, die den normalen, vor sich gehenden Atemtypus bis zu einem gewissen Grade beeinflussen. Es tritt nun, wie die einzelnen Protocolle belehren, eine geringe Abnahme der Atmungsfrequenz mit einer gleichzeitigen, kymographisch nachweisbaren Vertiefung der einzelnen Atemzüge. Zur Veranschaulichung des Einflusses der Gasuhr auf die Frequenz lasse ich eine Tabelle folgen, die nebenbei das sonstige Verhalten der Respiration bei allen meinen Normaltieren wiedergiebt.

Nr. des Protocolls.	Körpergewicht in Grammen.	Atemtiefe.	Minutenvolumen		Atemfrequenz			
			gefunden.	pro 1 Kilo Körpergewicht berechnet.	normal.	nach Einschaltung in d. Gasuhr.	absolute Abnahme.	Abnahme in %
III	4950	48.0	719	143.2	17	15	—2	—11.8
IV	5380	56.0	729	135.5	15	13	—2	—13.3
I	6040	88.7	1419	221.6	18	16	—2	—11.1
XII	6170	130.4	1364	221.1	11	11	±0	± 0.
IX	6700	72.8	728	108.7	11	10	—1	— 9.1
XI	6800	86.7	954	140.3	12	11	—1	— 8.3
V	7200	87.0	1045	145.3	14	12	—2	—14.3
VII	8720	106.6	1270	145.7	16	12	—4	—25.0
VI	9070	73.4	1028	113.3	18	14	—4	—22.0
XIII	10150	82.6	1569	154.6	21	19	—2	— 9.0
II	12650	92.2	830	65.6	10	9	—1	—10.0
VIII	13060	92.2	1935	148.2	24	21	—3	—12.5
XIV	13700	113.4	1814	132.4	17	16	—1	— 5.9
X	13880	136.7	1640	103.8	12	12	±0	± 0.

Die Abnahme der Frequenz beträgt, wie aus der Tabelle ersichtlich, 1—4 Atemzüge pro Minute, im Mittel 10.9 %. In 2 Versuchen ist die Frequenz vor und nach der Einschaltung des Tieres in die Gasuhr dieselbe geblieben. In wie weit die Atemgrösse selbst von den meinem Respirationsapparate innewohnenden Widerständen beeinflusst wird, lässt sich schwer sagen, es ist aber recht wahrscheinlich, dass dieselbe sich vor und nach Einschaltung der Gasuhr gleich bleibt, indem die Herabsetzung der Atemfrequenz durch eine entsprechende Vertiefung der einzelnen Atemzüge compensirt wird. Es steht ja nach den diesbezüglichen Versuchen fest, dass der respiratorische Gaswechsel gesunder und auch erkrankter Lungen, so weit dieselben von keiner wesentlichen Dyspnöe begleitet werden, durch einen Vorgang regulirt wird, nach dem ein frequenteres Atmen stets mit einer Verflachung, ein langsameres Atmen hingegen mit einer Vertiefung der Atemzüge einhergeht, wodurch das Quantum der in Zeiteinheit ein- oder ausgeatmeten Luft constant bleibt. [1])

Abgesehen von dem Mangel an irgend welchen ansehnlichen Widerständen, entsprechen auch zugleich die von mir angewandten Ventile der Anforderung einer absolut sicheren Trennung der In- von der Exspirationsluft. Zur Beurteilung dieser Eigenschaft besitze ich ein präcises Controllmittel. Einerseits werden irgend welche Functionsmängel des Inspirationsventils sofort an der Gasuhr wahrgenommen, indem die etwa bei der Exspiration zurückweichenden Luftquantitäten ein Zurückgehen der Zeiger veranlassen; andererseits wird die Aspiration der Luft durch das Exspirationsventil bei dem Einatmen sofort durch ein entsprechendes, lautes Geräusch verraten, das sich merklich von dem eigenartigen, gedämpften, von dem Inspirationsventil fortgeleiteten Geräusch unterscheidet.

Das über die Leistungen meiner Ventile Gesagte erleidet in Bezug auf das der Exspiration dienende wol eine Einschrän-

1) Alois Pick. Der respiratorische Gaswechsel gesunder und erkrankter Lungen. Zeitschrf. f. klin. Med. Bd. XVI 1889.

kung. Dasselbe ist nämlich fortan der mit Wasserdampf überschwängerten Luft ausgesetzt, deren schädlicher Einfluss sich in Durchfeuchtung der Gummimembran und gar in einer Ansammlung von ganzen Wassertropfen an der Innenwand der Ventilröhre manifestirt. Dass dadurch das freie Spiel des Ventils beeinträchtigt wird, ist einleuchtend. Die klebrig gewordene Membran bleibt auch bei der Inspiration an den Stangen der Schutzröhre haften, wodurch wesentliche Quantitäten Luft beim Einatmen aspirirt werden und die zu bestimmende Atemgrösse von der Gasuhr fehlerhaft angegeben wird. Das Ankleben der Membran an der Scheidewand trägt wiederum ihrerseits zur Vermehrung der Widerstände bei der Exspiration bei. Zum Glück kann dieser Uebelstand durch die eigenartige Construction meiner Ventile in Schranken gehalten werden. Man braucht nur zu diesem Zwecke nach Ablauf einer gasometrischen Bestimmung die Schutzröhre des Exspirationsventils herauszunehmen und alle Teile derselben von der ihnen anhaftenden Feuchtigkeit gehörig zu befreien, eventuell die Gummimembran durch eine andere zu ersetzen, — eine Manipulation, die in etwa halber Minute ohne jede Schwierigkeit zu machen ist. — Auf dieser ausserordentlich leichten Hantlichkeit scheinen mir die Hauptvorzüge meiner Ventile vor den ihnen verwandten, von Ewald und Kobert [1]) construirten zu haben, die mir erst nachträglich beim Studium der diesbezüglichen Litteratur bekannt wurden. — Wird ausserdem für eine genügend hohe Temperatur des Experimentirraumes (15—16 R°) gesorgt, in welchem Fall der Wasserdampf der Exspirationsluft sich viel schwerer niederschlägt, so genügt dann nur eine nach je 3—4 Versuchen vorgenommene Lüftung des Exspirationsventiles, um die Functionsmängel desselben vollständig zu beherrschen.

Erst gegen das Ende meiner Arbeit habe ich mir zur Beseitigung der erwähnten Uebelstände auf eine andere Weise ausgeholfen, indem ich bei jedem Versuch eine brennende Spirituslampe bei der Hand hatte, und mittelst derselben von Zeit zu

1) l. c. pag. 172.

Zeit das Exspirationsventil von aussen gelinde erwärmte. Auf diese Weise verhinderte ich vollständig das Niederschlagen des Wasserdampfes und habe mir die früher übliche Lüftung des Ventiles erspart.

Wie schon in der Einleitung erwähnt, habe ich als Versuchstiere ausschliesslich Hunde angewandt. Diese Tiere bieten nun für den Experimentator im Vergleich mit anderen, bzw. mit den Kaninchen, grosse Schwierigkeiten, die sich in ihrer äusserst heftigen Reaction auf jegliche, anscheinend ganz unansehnliche Eingriffe äussern. Das blosse Fesseln derselben in der Rückenlage bedingt häufig schon eine solche psychische Aufregung, dass das Registriren der Atmung absolut unmöglich wird. Alle weiteren Eingriffe, vor Allem aber die Tracheotomie, steigern die anfängliche Excitation zu extremen Graden: die Hunde werden stark unruhig, werfen sich hin und her; die Respiration wird unregelmässig, die Atemfrequenz geht stark in die Höhe, der Puls wird sehr frequent und klein: mit einem Worte, es treten abnorme Bedingungen ein, die man nur schwerlich für das Studium des Pneumothorax, speciell für die Bestimmung der Atemgrösse bei demselben, verwerten kann.

Aehnliche Erfahrungen machten Weil [1]) und Kreps [2]) bei ihren Pneumothoraxversuchen an Hunden. In einer vor Kurzem hier erschienenen Inaug.-Dissert.[3]), die den Einfluss des Atropins auf die Respiration zum Vorwurf hat, finden wir gleiche Beobachtungen in dieser Richtung mitgeteilt. Der Verfasser berichtet, dass bei einer grossen Anzahl seiner Versuchstiere (10 Hunde), wo er keine Narcose gebrauchte, regelmässig nach der Tracheotomie eine enorme Steigerung der Atmungsfrequenz eintrat, die das $3\,^1/_2$ — 8-fache der Norm betrug und mehrere Stunden nach diesem Eingriff fortdauerte.

Diese und ähnliche Misserfolge veranlassten mich, wie auch die oben genannten Autoren, zur Narcose Zuflucht zu nehmen,

1) l. c. Bd. XXV pag. 23.

2) l. c. pag. 20.

3) Edward Orlowski. Ein experimenteller Beitrag zur Kenntniss der Einwirkung des Atropins auf die Respiration. Dorpat 1891. pag. 24—25.

wie sehr ich mich auch anfangs dagegen sträubte, durch Gebrauch von Schlafmitteln etwaige künstliche Bedingungnn beim Experimentiren zu erzeugen.

Nur auf diese Weise wird man aber der psychischen Aufregung der Tiere bis zu einem gewissen Grade Herr, und man verschafft sich die Möglichkeit, alle nötigen Eingriffe ungestört auszuführen und ruhige Beobachtung anzustellen. — Es war nur fraglich, welchem Narcoticum man den Vorzug geben soll. Bei der Wahl derselben war ich selbstverständlich von dem Gedanken geleitet, nur solche in Anwendung zu ziehen, die möglichst wenig durch etwaige Beeinflussung des Atemcentrums die Ergebnisse meiner Versuche trüben könnten.

Gestützt auf die vor Kurzem erschienene Arbeit von Loevy [1]), nach der Chloralhydrat neben seinen vorzüglichen schlafmachenden Eigenschaften das respiratorische Centrum fast unbeeinflusst lasse, schenkte ich meine Aufmerksamkeit unter Anderem auch diesem Mittel. Einerseits aber widersprechen den Loevy'schen Behauptungen die über Chloral von maassgebenden Pharmacologen, wie Schmiedeberg [2]), gehegten Ansichten, andererseits habe ich auch selbst mit diesem Narcoticum keine günstige Narcose erzielen können.

Ein speciell zum Studium der Chloralhydratnarcose vorgenommener Versuch (cfr. Protocoll Nr. XV) illustrirt die Unzulässigkeit dieses Mittels auf das Deutlichste. — Einem mittelgrossen, etwa $8^1/_2$ Kilo schweren Hunde wurden innerhalb $1^1/_2$ Stunden 3.0 Chloralhydrat, in vier Dosen zu je 0.75 intravenös eingespritzt. Die im Mittel 31.5 pro Minute betragende Atemfrequenz ging nach den ersten zwei, in Zwischenzeit von 8 Minuten eingegebenen Dosen etwas herab (bis auf 24), stieg aber nach der Tracheotomie sofort auf 36 und erreichte bald, stets anwachsend, die hohe Zahl von 81. Die nächstdritte Dosis bewirkte allenfalls ein Sinken der Frequenz (bis auf 34),

1) A. Loevy. Zur Kenntniss der Erregbarkeit des Atemcentrums. Pflüger's Archiv 1890. Bd. XLVII, pag. 47.

2) Schmiedeberg. Grundriss der Arzneimittellehre. Zweite Auflage. Leipzig 1888, pag. 24.

nach kurzer Zeit sehen wir sie aber wieder im Steigen begriffen, indem sie schon nach 35 Minuten ihre ursprüngliche Höhe (82) erreichte. Nach der vierten Dosis wiederholte sich der beschriebene Vorgang in derselben Weise, nur wurde jetzt kein so bedeutendes Anwachsen der Atemfrequenz wie früher constatirt. Die nebenbei von Zeit zu Zeit vorgenommene Messung der Atemgrösse ergab sehr bedeutende Schwankungen derselben. Das Minutenvolumen, welches, nach der Einverleibung von 1.5 Chloral gemessen, 2369 ccm. Luft betrug, verringerte sich stets nach jeder Chloraldose beträchtlich, im weiteren Verlauf ging aber dasselbe wiederum in die Höhe, wobei schliesslich grosse, von der ersten Bestimmung stark abweichende Zahlen erhalten wurden.

Ich habe auch ferner einige Male das von Schmiedeberg näher studirte Urethan als Narcoticum versucht; die diesbezüglichen Experimente entsprachen aber den gehegten Erwartungen nicht. — In einem derselben, wo mich die anfängliche Morphiumnarcose (0.075 subcutan) in Stich liess, konnte ich auch mit Urethan (1.75 intravenös) die nach der Tracheotomie aufgetretene Dyspnöe kaum beeinflussen. Die Respirationsfrequenz ging von 120 im Ganzen nur bis auf 86—80 Atemzüge herab, und die Unruhe des Tieres wurde keineswegs beseitigt. In einem anderen Falle (cfr. Pr. Nr. VII) habe ich von vorne herein Urethan, und zwar in der Dosis von 3.0 angewandt, aber ebenfalls ohne jeglichen Erfolg. Hier trat im Gegenteil zum Vorhergehenden jedesmal auf eine intravenöse Einspritzung von diesem Narcoticum eine enorme Excitation ein, die sich in fortwährendem Heulen und Bellen des Tieres und in Steigerung der Frequenz von 15 bis auf 40—43 manifestirte. Die darauf folgende Einverleibung von 0.05 Morphii beseitigte nach einem kurzdauernden (20 Secunden) Excitationsstadium die anfängliche Unruhe fast augenblicklich, setzte die Respirationsfrequenz auf 12, welche Höhe bis zu Beginn des Pneumothoraxversuches unverändert blieb.

Ich bin auch deshalb bei Morphium geblieben, das ich von vorne herein zur Beseitigung der bei nicht narcotisirten

Tieren auftretenden psychischen Excitation in Anwendung gezogen habe. Das Morphium erwies sich jedenfalls im Vergleich mit den vorher genannten Mitteln als das brauchbarste. Einen ruhigen, ziemlich tiefen Schlaf bewirkend, lässt dieses Narcoticum zu gleicher Zeit, jedenfalls in den kleinen, ebenfalls schlafmachenden Gaben, die Respirationsfrequenz unbeeinflusst, indem es bekanntlich in erster Linie auf die Centren der bewussten Empfindungen und willkürlichen Bewegungen einwirkt und nur in zweiter Linie, und in viel geringerem Grade, das Herz, Gefässsystem und Atmungscentrum beeinflusst [1]).

Um jedenfalls von dem Einwand frei zu sein, dass das Morphium, wenn auch das respiratorische Centrum von dessen Wirkung nicht getroffen wird, doch durch das Verschwinden resp. Sichvertiefen der Narcose die Atemgrösse im Laufe des Versuches modificire, habe ich einen Versuch gemacht, wo ich in verschiedenen Zeitabständen das Minutenvolumen bestimmt habe. Die dabei gewonnenen Zahlen schwankten nur unbedeutend, das Maximum betrug 1306 ccm. Luft, das Minimum 1260 ccm., somit belief sich die Differenz nur auf 51 ccm. (cfr. Pr. Nr. VII).

Die analogen Beobachtungen der Atemfrequenz ergaben im Maximum 14, im Minimum 11 Atemzüge pro Minute, also Zahlen, die wol in den Grenzen der normalen Abweichungen stehen.

Somit glaubte ich wol berechtigt zu sein, Morphium als Narcoticum für meine Versuche zu verwerten, und wenn ich trotzdem später im Laufe der Zeit auch andere Mittel, wie Chloralhydrat und Urethan, einer Prüfung unterzog, so geschah es, weil ich nur etwa in der Hälfte der Fälle mit Morphium überhaupt eine brauchbare Narcose zu erzielen im Stande war. Die Hunde verhalten sich nämlich diesem Mittel gegenüber ungemein verschieden, insofern der eine auf eine kleine Dosis unmittelbar mit einem tiefen Schlaf, absoluter Anästhesie, erloschener Reflexerregbarkeit antwortet, der andere trotz der grössten

1) C. Binz. Vorlesungen über Pharmacologie. Berlin 1884. Bd. I. pag. 25.

ihm einverleibten Gaben nicht Mal in den leisesten Schlaf gebracht werden kann. Es kann sogar als Regel gelten, dass da, wo kleine Dosen von Morphium (circa 0.05) keine Narcose bewirken, auch grosse in Stich lassen. Diese ausserordentlich grosse Verschiedenheit der Hunde war auch Grund, weshalb mir mehrere Versuche misslangen. Die entsprechenden Protocolle finden sich in der vorliegenden Abhandlung nicht abgedruckt, da wegen des abnormen Verhaltens der Respiration solcher Versuchstiere die durch Pneumothorax gestörte Atemmechanik nur ungenügend studirt werden konnte.

In Betreff der Dosirung von Morphium will ich mich kurz fassen. Als Regel galt die Dosis von 0.05 des salzsauren Salzes, nur bei grösseren Hunden habe ich dieselbe höchstens bis 0.1 gesteigert. Die Injectionen wurden meistenteils intravenös gemacht; da ich nun aber, wie früher erwähnt, in vielen Fällen keine günstige Narcose erreichen konnte, so nahm ich gelegentlich von dieser Verordnungsweise des Morphiums Abstand, und wendete dasselbe subcutan an, indem ich von der Voraussetzung ausging, dass ich möglicherweise auf diese Art eher der psychischen Aufregung Herr werde, die sich sonst schon bei den ersten Eingriffen (Fesseln des Hundes, Aufsuchung der Vene) noch vor der intravenösen Application des Narcoticums einstellt und nachher nur schwer von demselben beeinflusst wird. Die einzelnen diesbezüglichen Experimente fielen auch in der That sehr günstig aus, ihre Zahl ist aber zu gering, als dass ich etwa wagen durfte, meine theoretischen Speculationen als bestätigt aufzufassen, da möglicherweise an den genannten Erfolgen nur ein günstiger Zufall schuld war.

Der einzelne Versuch wurde nun folgendermassen angestellt. Nachdem das Versuchstier gewogen, in der Rückenlage gefesselt und durch intravenöse oder subcutane Morphiuminjection, die in letzterem Fall allen sonstigen Eingriffen vorausgegangen, narcotisirt wird, folgt die Tracheotomie. Die der Luftröhre dicht angepasste Trachealkanüle wird mittelst eines kurzen Schlauches mit dem einen Schenkel eines 4-schenklichen Glasrohres in Verbindung gebracht. Die beiden seitlichen Schenkel tragen an

ihren Enden die beiden Ventile, der vierte, ebenfalls mit einem Schlauch armirte Schenkel stellt die Communication der Luftwege des Tieres mit der äusseren Athmosphäre dar, solange der das Inspirationsventil mit der Gasuhr verbindende Schlauch abgeklemmt wird.

Im Moment des Einsetzens des Versuches wird bei gleichzeitigem Abklemmen des zuletzt erwähnten Schenkels die Verbindung des Inspirationsventils mit der Gasuhr durch Oeffnen der den Luftstrom auf diesem Wege unterbrechenden Klemme eingestellt, wonach die Ventile zu arbeiten anfangen.

Während der Apparat in Tätigkeit ist, wird von Minute zu Minute die Atemfrequenz gezählt und notirt. Am Ende des Versuches wird der neue Stand der Gasuhr abgelesen, mit dem ursprünglichen verglichen, und daraus die Menge der in einer bestimmten Zeit eingeatmeten Luft ermittelt. Das pro Minute berechnete Luftquantum, das sog. Minutenvolumen, durch die durchschnittliche Atemfrequenz dividirt, ergiebt den Wert für sog. Atemtiefe, d. h. die mit einem Atemzug im Mittel geschöpfte Luftmenge.

Nachdem auf diese Weise die Verhältnisse am Normaltier festgestellt waren, folgt nun die künstliche Erzeugung verschiedener Pneumothoraxarten, wobei für jede derselben wiederum alle erwähnten Werte bestimmt werden.

Jede einzelne gasometrische Bestimmung dauert in der Regel 5 Minuten, ausgenommen in den Fällen, wo ein schwerwiegender Eingriff, wie es beispielsweise der offene Pneumothorax mit weiter Fistelöffnung ist, am Tiere gemacht wurde, — eine Operation, welche nach kurzer Zeit das Leben der Tiere bedroht, so dass sie für weitere Untersuchungen verloren gehen.

Schliesslich bleibt mir noch übrig, einiges über die Pneumothoraxoperation mitzuteilen. Wie frühere Autoren, habe ich dieselbe meistenteils auf der rechten Seite ausgeführt, in einzelnen Fällen auf der linken, wobei ich mich überzeugt habe, dass die Befürchtungen, bei dem linksseitigen Eingriff mit dem Herzen in Collision zu geraten, keineswegs begründet sind.

Die von Haaren befreite Haut wird durch einen möglichst

kleinen Schnitt in der Gegend des 5-ten oder 6-ten Intercostalraumes, parallel dem Verlauf der Rippen, durchschnitten, wonach die Muskelschichten durch Abtragen der Fascie blossgelegt werden. Ein Durch- oder gar ein Anschneiden der Muskeln habe ich absichtlich unterlassen, weil sonst die in die Pleurahöhle nachträglich eingestossenen Canülen allzu locker fixirt sind und Luft in Folge dessen allzu leicht neben der Canüle ein- und ausstreichen kann.

Nun wird je nach Wunsch ein geschlossener, ein offener oder ein Ventilpneumothorax mit all' ihren Unterarten erzeugt.

In Betreff des ersteren habe ich alle seine drei Variationen einer besonderen Prüfung unterzogen. Die erste derselben oder der sog. geschlossene Pneumothorax mit abgemessenem Luftquantum wird in der Weise dargestellt, dass zunächst in die Pleurahöhle eine mit einer Hohlnadel endigende und mit einem verschliessbaren Hahn versehene, metallene Canüle eingestossen wird, durch welche nachträglich mittelst einer vom Herrn Prof. Unverricht construirten Luftpumpe [1]) genau bestimmte Luftquantitäten in den Pleuraraum eingespritzt werden.

Die zwei anderen Unterarten des geschlossenen Pneumothorax, der inspiratorisch und exspiratorisch geschlossene, werden geschaffen durch Einführen conischer, an ihrem äusseren Ende mit einem kurzen Schlauch armirter Glascanülen in die Pleurahöhle und nachfolgendes Abklemmen des Schlauches auf der Höhe der In- resp. der Exspiration.

Der offene Pneumothorax wird ebenfalls durch Einführen von Glascanülen verschiedenen Calibers erzeugt, so dass man abwechselnd offenen Pneumothorax mit verschiedener Fistelgrösse herstellen kann.

Die mit feinen Spitzen (1—2 mm. im Durchmesser) versehenen Canülen durchdringen leicht die Muskelschichten eines Intercostalraumes; ist nun einmal von den kleineren Canülen der

1) Dieselbe findet sich näher beschrieben in einer hier vor Kurzem erschienenen Inaug.-Dissert. von Alexander Ost. Beiträge zur Bestimmung der Capacität des Magens. Dorpat 1891. pag. 32.

Weg eingebahnt, so lassen sich auch die grösseren (6—8 mm.) ohne Mühe in die Pleurahöhle einführen, wonach sie mittelst Fäden am Fell des Versuchstieres befestigt werden.

Was endlich den Ventilpneumothorax anbetrifft, so habe ich demselben eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da bei dieser Pneumothoraxart bisher keine Bestimmungen der Atemgrösse, nicht einmal an Kaninchen, gemacht wurden. Dabei habe ich nur den Ventilpneumothorax in statu nascenti ins Auge gefasst. Von dem sog. echten Ventilpneumothorax, der erst nach dem Aufhören des Spiels des Ventiles zu Tage tritt, habe ich von vorne herein abstrahirt, da die Erzeugung desselben bei den Hunden, laut den betreffenden Versuchen von Weil [1]) und von späteren Experimentatoren, wie Kreps [2]), geradezu eine Unmöglichkeit ist, indem schon vor dem Eintreten des höchsten Grades der Füllung der Pleurahöhle Erstickungserscheinungen zum Vorschein kommen und eventuell Tod des Tieres eintritt.

Bei der Erzeugung eines Ventilpneumothorax bin ich von der Methode von Kreps [3]) abgewichen; ich habe Membranventile angewendet und damit auch sehr erfreuliche Resultate gewonnen.

Für solche Zwecke eignet sich ein solches Ventil in noch höherem Grade als sonst, denn hier hat man ja nicht, wie bei der Respiration, mit dem schädlichen Einfluss des Wasserdampfes zu kämpfen.

Blicken wir auf die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen, so erscheint uns die schon im vorigen Kapitel erwähnte Einteilung des Pneumothorax in seine einzelnen Unterarten als eine wolberechtigte.

Alle 3 Factoren, die ich bei jedem Experiment studirte, die Atemfrequenz, das Minutenvolumen und die Atemtiefe, er-

1) l. c. Bd. XXV, pag. 38.
2) l. c. pag. 25.
3) l. c. pag. 24.

leiden eine Aenderung gegen die Norm, wobei auch gleichzeitig eine bedeutende Verschiedenheit der einzelnen Unterarten von einander zu Tage tritt.

Zur besseren Orientirung schicke ich meinen Betrachtungen eine Tabelle voraus, die übersichtlich die von mir gewonnenen Resultate veranschaulichen soll.

Pneumothoraxart.	Unterart.	Fisteldurchmesser in mm.	Zahl der Versuche.	Zunahme der Atemfrequenz gegen die Norm in %	Mittelwert.	Zunahme des Minutenvolumens gegen die Norm in %	Mittelwert.	Zunahme der Atemtiefe gegen die Norm in %	Mittelwert.
Geschlosssener Pneumothorax.	Exspiratorisch geschlossener P.	2	10	+374.5		+148.3		—47.3	
		4	4	+306.3	+299.2	+174.1	+131.2	—24.2	—39.0
		6	2	+216.7		+ 71.3		—45.6	
	Inspiratorisch geschlossener P.	2	8	+305.6		+130.9		—41.7	
		4	3	+265.1	+232.9	+102.4	+ 81.6	—33.9	—43.1
		6	2	+138.0		+ 11.6		—53.6	
Offener Pneumothorax.		2	11	+242.4		+123.2		—31.7	
		3	3	+246.9		+ 81.9		—42.7	
		4	7	+234.9	+200.9	+ 69.9	+ 66.7	—47.1	—42.3
		6	6	+242.2		+ 40.9		—49.5	
		8	2	+ 38.2		— 17.4		—40.5	
Ventilpneumothorax.		2	9	+153.6	+153.6	— 44.6	— 44.6	—73.3	—73.3

Entsprechend der üblichen Haupteinteilung des Pneumothorax in seine drei Unterarten erschien es mir zweckmässig dieselben in besonderen Kapiteln abzuhandeln.

Ich beginne meine Betrachtungen mit dem geschlossenen Pneumothorax.

Geschlossener Pneumothorax.

Bezüglich der Beeinflussung der Atemfrequenz vom geschlossenen Pneumothorax, muss zunächst erwähnt werden, dass dieselbe schon beim unversehrten, narcotisirten Tiere gewissen Schwankungen unterliegt. Bei dem Hunde (Protocoll Nr. VIII) erreicht sie, wie die pag. 19 zeigt, die Maximalzahl von 21 Atemzügen pro Minute, andererseits wird von dem Hunde (Protoc. Nr. II) der Minimalwert von 9 Atemzügen repräsentirt. Im Mittel beträgt die Respiration 13.7, die Mehrzahl der Fälle aber bewegt sich zwischen 10 und 12.

Wird nun künstlich ein geschlossener Pneumothorax erzeugt, so steigert sich augenblicklich die Atemfrequenz, gleichviel um welche Unterart desselben es sich handelt. In der vorliegenden Tabelle finden sich in entsprechenden Rubriken die Zahlen abgedruckt, die den Zuwachs der Respirationsfrequenz für den in- und exspiratorisch-geschlossenen Pneumothorax in % vorstellen. Da diese beiden Arten, wie schon früher erwähnt, aus einem offenen P. durch Verschluss der Fistel auf der Höhe der In- resp. der Exspiration entstehen, die Weite der Fistel aber eine verschiedene sein kann, so lassen sich je nach der Grösse des Fisteldurchmessers des primären P. sowol für die erste, wie auch für die zweite Art weitere Unterabteilungen aufstellen. Auf diese Weise entstanden nun je 3 neue Unterarten, denen ein offener P. mit der Fistelgrösse von 2 mm., 4 mm. und 8 mm. zu Grunde liegen.

Diese Gliederung findet auch ihre Begründung in der bedeutenden Verschiedenheit der für die einzelnen Unterarten gefundenen Resultate.

Die Atemfrequenz, die bei dem exspiratorisch geschlossenen P. überhaupt, im Vergleich mit allen übrigen Pneumothoraxarten, die höchsten Werte erreicht (ihre Zunahme gegen die Norm beträgt hier im Mittel fast 300 %), senkt sich der Grösse der Fistel umgekehrt proportional. Die Steigerung der Frequenz, die bei dem aus dem offenen P. Canüle 2 mm.

entstandenen exspir. geschloss. P. 374.5 % beträgt, vermindert sich bei demjenigen 4 mm. schon auf 306.3 %, und macht bei dem nächstfolgenden (6 mm.) nur 216.7 % aus.

Aehnlich verhält sich der inspiratorisch geschlossene Pneumothorax. Die im Mittel 232.9 % betragende Steigerung hat ihren Höhepunkt bei demjenigen 2 mm. (Zunahme gegen die Norm = 305.6 %), ihren niedrigsten Punkt bei demjenigen 6 mm. (+ 138.0 %), die Mittelstellung behauptet ein solcher von 4 mm. (+ 265.1 %). Beachtenswert ist dabei der Umstand, dass die Atemfrequenzen der Unterarten des inspir. geschl. P., mit denen der analogen Unterarten des exspir. geschloss. P. verglichen, ungefähr gleiche Unterschiede aufweisen, wobei stets der letztere sich durch höhere Zahlen auszeichnet.

In Betreff des nächstzweiten uns interessirenden Factors, nämlich der Atemgrösse, lassen sich im Grossen und Ganzen dieselben Erscheinungen constatiren, die eben bei Besprechung der Atemfrequenz hervorgehoben wurden. Das Minutenvolumen steigerte sich bei beiden Arten des geschlossenen P., wobei die Zunahme derselben gegen Norm bei dem exspir. geschloss. P. einen viel höheren Betrag (im Mittel + 131.2%), als diejenige bei dem inspir. geschl. P. (+ 81.6 %) aufweist. Die Aehnlichkeit mit dem Verhalten der Atemfrequenz wird noch frappanter, wenn man die für die einzelnen Unterarten des exspir. und inspir. geschl. P. gefundenen Mittelwerte betrachtet, indem beispielweise bei dem letzteren die 130.9 % betragende Zunahme des Minutenvolumens sich mit wachsendem Fisteldurchmesser des primären offenen P. vermindert, so dass schliesslich bei dem inspir. geschl. Pn 6 mm. nur ein Zuwachs von 11.6 % gegen die Norm erhalten wird

In Bezug auf die Atemtiefe ist die erwähnte Analogie schon viel weniger hervortretend. Die mit einem Atemzuge geholte Luftmenge ist bei geschlossenem P. im Vergleich mit dem Verhalten des Normaltieres ausnahmlos verringert. Die Abnahme beträgt bei dem exspir. geschl. Pn. 39.0 %, bei dem inspirator. geschl. P. 43.1 %.

Bei der Betrachtung der einzelnen Unterarten des in- und

exspirator. geschloss. P. lässt sich aber in der Abnahme der Atemtiefe keine solche Gesetzmässigkeit, wie früher, entdecken. Auffallend ist die geringe Verringerung der Tiefe bei dem ex- und inspir. geschl. P. 4 mm., (— 24.2% und — 33.9 %), die mit den für extreme Fistelgrössen (2 mm. und 6 mm.) der beiden Pneumothoraxarten gefundenen Werten stark contrastirt. Bei den letzteren bewegt sich die Atemtiefe in mässigen Grenzen. Für den exspir. geschl. P. 2 mm. habe ich eine Abnahme von 47.3 %, für denjenigen 4 mm. eine solche von 45.6 % gefunden. Die analogen Unterarten des inspir. geschl. P. zeigen im Durchschnitt eine Abnahme von 41.7 % und 53.6 %.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit den von früheren Autoren erhaltenen, so lässt sich in manchen Punkten eine Uebereinstimmung, in manchen anderen wiederum eine gewisse Differenz constatiren.

Bezüglich des Verhaltens der Atemfrequenz sind die an Hunden experimentirenden Autoren darüber einig, dass dieselbe beim geschlossenen P. eine regelmässige Steigerung erfährt. Nur wurde die letztere nicht so hoch, wie bei mir gefunden. Weil [1]) berichtet von einer mittleren Zunahme von 17 % bis 29 %, nur in einem seiner Versuche war die Frequenz bis auf das Doppelte der Norm gestiegen. — Dagegen stehen meine Versuche, soweit sie den exspirator. geschlossenen P. betreffen, mit denen von Kreps [2]) im vollen Einklang, der ebenfalls, wie ich, sehr hohe Zahlen für die Zunahme der Frequenz erhalten hat. — Ein inspir. geschlossener P. wurde bis jetzt von keinem Experimentator erzeugt, es lässt sich daher kein Vergleich hierüber ziehen.

Die von Thoma-Weil [3]) an Kaninchen gesammelten Erfahrungen sprechen ebenfalls von einer Zunahme der Atemfrequenz beim geschlossenen Pneumothorax, und bestätigen somit das allgemeine Gesetz von der Steigerung der letzteren bei dieser Pneumothoraxart.

1) l. c. Bd. XXV. pag. 30.
2) l. c. pag. 50.
3) l. c. pag. 511.

Ueber die Atemgrösse beim Pneumothorax sind bis jetzt, so weit es sich um Hunde als Versuchstiere handelt, keine Untersuchungen veröffentlicht worden. ich erlaube mir daher im Anschluss an die beim geschl. P. von mir gewonnenen Resultate diesen Gegenstand einer eingehenden Betrachtung zu unterziehen.

Bekanntlich besteht der Atemmechanismus in einer abwechselnden Erweiterung und Verengerung des Thorax, welche Bewegungen unmittelbar auf die beiden Lungen übertragen werden. Da die Lungen ferner im normalen Thorax über ihr elastisches Gleichgewicht ausgedehnt sind, so bedingt die Eröffnung irgend einer Brusthälfte, die die Communication des bis dahin luftleeren Pleuraraumes mit der äusseren Athmosphäre herstellt, ein momentanes Zusammenfallen der betreffenden Lunge. Damit fällt nun mehr oder weniger der Hebel fort, der die Excursionen des Thorax auf die Lungen überträgt, und es tritt je nach der Art des Leidens eine Verminderung resp. eine vollständige Aufhebung der Atemtätigkeit auf der kranken Seite. Dabei kommt aber auch die Lunge der gesunden Seite durch die leichte Verschiebbarkeit der Mediastinums teilweise unter die Druckverhältnisse der eröffneten Pleurahöhle, sie wird demnächst ebenfalls in ihrer Function bis zu einem gewissen Grade beeinträchtigt. — Die dadurch bedingte abnorme Lüftung der Lungen manifestirt sich alsbald in einer Zunahme der Kohlensäure im Blute, was seinerseits einen stärkeren Reiz für das Atemcentrum abgiebt. Auf diese Weise entsteht unter starker Inanspruchnahme aller oder der meisten Atemmuskeln eine vermehrte Functionsleistung des Thorax und des Zwerchfells, die das vorhandene Atmungshinderniss zu compensiren anstrebt. — Es hängt aber nun weiter von der Natur des Pneumothorax und den hier in Frage kommenden Verhältnissen ab, ob diese vermehrte Arbeit der Thoraxmuskeln wirklich den Lungen zu Gute kommt, oder nicht.

Thatsächlich sehen wir die Tiere nach Anbringung des Pneumothorax unter Umständen mehr, unter Umständen auch weniger oder dieselbe Menge Luft atmen, wie unter normalen Verhältnissen.

Eine Vermehrung der Luftmenge sehen wir, bei Betrachtung der Orientirungstabelle (cfr. pag. 30) bei dem in- und exspirator. geschloss. P. Ebenfalls geht der Gaswechsel der Lungen bei dem offenen P. mit einem Fisteldurchmesser von 2 bis 6 mm. in die Höhe.

Eine Verringerung der Atemgrösse tritt bei dem offenen P. mit Fistelgrösse 8 mm. und bei dem Ventilpneumothorax ein. — Unverändert bleibt die Atemgrösse, wie wir es noch später sehen werden, bei dem Pneumothorax, der durch Injection geringer Mengen von Luft gewonnen wird.

Berücksichtigen wir nun im Speciellen die die Atemgrösse bedingenden Factoren, nämlich die Atemfrequenz und die Atemtiefe, so tritt ein interessantes Factum hervor.

Ausnahmslos fällt bei allen Arten und Unterarten des P. die mit einem Atemzug geholte Luftmenge unter die Norm herab. Die mittlere, aus allen meinen Pneumothoraxversuchen gezogene % Abnahme derselben beträgt 41.0 %. Sie verringert sich hiermit auch dort, wo man objectiv durch Aufzeichnen der Curven eine bedeutende, um Vielfaches die Norm übertreffende Zunahme der Thorax- und Zwerchfellsexcursionen constatirt. Schuld an dem Erhaltensein des Gaswechsels auf der ursprünglichen Höhe ist also hauptsächlich die Atemfrequenz, die durch ihre colossale Zunahme gegen die Norm die Verringerung der Atemtiefe nicht nur zu compensiren, sondern gar in vielen Fällen zu übercompensiren vermag.

Es steht also fest, dass das Vorhandensein der Luft in der Pleurahöhle die normale Entfaltung der Lungen nur verhindert, nicht aber vollständig aufhebt. Wie schon vielfach erwähnt, wird diese Entfaltung bei dem ex- und inspiratorisch geschlossenen P. mehr als um die Hälfte reducirt, die aber das 2- bis 3-fache der Norm betragende Atemfrequenz bringt es mit sich, dass die Atemgrösse nicht nur ihre normale Höhe erreicht, sondern gar dieselbe stark übertrifft.

Bei der ersten dieser Pneumothoraxformen ist dies ohne Weiteres erklärlich. Im Moment, wo ein offener P. auf der Höhe der Exspiration in einen geschlossenen umgewandelt wird.

herrscht in der betreffenden Pleurahöhle ein athmosphärischer Druck. Derselbe wird bei der darauf folgenden Inspiration negativ und kann sogar bei den viel stärkeren Thorax- und Zwerchfellsexcursionen eine sehr ansehnliche Schwankung in diesem Sinne allein erreichen, wie dies aus den experimentellen Arbeiten von Weil[1]) hervorgeht.

Viel schwieriger gestaltet sich die Frage nach der Deutung der von mir bei dem inspiratorisch geschl. P. gefundenen Erscheinungen.

A priori wäre es zu erwarten, dass bei dieser Pneumothoraxform jegliche Ventilation der Lunge auf der kranken Seite, und wegen der später zu besprechenden Beschaffenheit des Mittelfells des Hnudes auch derjenigen auf der gesunden Seite vollständig sistiren wird. Denn da die hier in der Pleurahöhle vor sich gehenden Druckschwankungen sich zwischen 0 und einem gewissen positiven Wert bewegen, so besteht ja eigentlich in keinem Moment irgend einer Respirationsphase ein Grund für den Eintritt von Luft durch die Trachea in die Lungen.

In einem schroffen Gegensatz zu diesen aprioristischen Anschauungen steht nun die praktische Erfahrung. Es wurde schon mehrmals hervorgehoben, dass auch bei dem erwähnten Pneumothorax die Atemgrösse gesteigert ist.

Wie ist diese Thatsache zu erklären?

Käme der inspirator. geschloss. P. in der Weise zu Stande, dass unmittelbar nach Eröffnung des Thorax auf der Höhe der ersten Inspiration die Fistel geschlossen wird, dann liesse sich die reichliche Ventilation der Lungen durch die starken Thorax-Zwergfellsexcursionen erklären, die die normalen Bewegungen in der That vielfach übertreffen und daher das Auftreten eines negativen Druckes bei der Inspiration möglich machen werden. Und wenn auch die mit einem Atemzug geschöpfte Luftmenge unter die Norm fiele, so würde sie dennoch im Verein mit der stark gesteigerten Atemfrequenz genügen, einen ansehnlichen Gaswechsel entstehen zu lassen. Ein solcher inspirator. geschlossener P. würde demnächst durch Druckschwankungen charakterisirt werden, die sich zwischen einem + und einem — Wert bewegen.

1) l. c. Bd. XXV, pag. 27.

Gegen diese Auffassung der Erscheinungen lässt sich aber der Einwand erheben, dass ja in meinen Versuchen dem inspir. geschloss. P. in der Regel längere Zeit der offene P. vorausgeht, der sich ebenfalls durch eine starke Zunahme der Zwerchfell-Thoraxbewegungen [1]) auszeichnet; es müssten also hier zum Zustandekommen des negativen Druckes die schon an sich recht tiefen Inspirationen eine weitere bedeutende Steigerung erfahren. Leider liegen bis jetzt in Betreff des inspirator. geschloss. P., speciell über die Tiefe der Thoraxbewegungen bei demselben, gar keine Beobachtungen vor, die uns einen Aufschluss in diesem Punkt geben könnten. Es ist aber klar, dass die vermutliche Steigerung der Thoraxexcursionen gegen die schon bestehende keine bedeutende sein kann, jedenfalls ist sie nicht im Stande, das Auftreten desjenigen negativen Druckes zu erklären, der hier der Entfaltung der Lungen zu Grunde liegen muss.

Offenbar ist also die Ursache der genannten Erscheinungen irgendwo anders zu suchen.

Ich glaube nun, dass wir uns der Lösung dieses Rätsels am ehesten nähern werden, wenn wir ein wenig vorgreifen und den offenen Pneumothorax, der ja den Ausgangspunkt des geschlossenen Pneumothorax bildet, schon jetzt in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen werden. Die Anschauung, dass bei dem offenen P., speciell in der Lunge der eröffneten Seite, kein Gaswechsel vor sich gehen kann, da der Druck sich durch die zur Fistel strömende Luft im Pleuraraum sofort ausgleicht, ist nun für eine sehr breite Eröffnung der einen oder der beiden Thoraxhälften richtig, in allen sonstigen Fällen erleidet sie eine bedeutende Einschränkung.

Schon Weil und Thoma [2]) berichten gelegentlich ihrer Kaninchenversuche, dass auch in der eröffneten Pleurahöhle Druckschwankungen stattfinden, die gross genug sind, um an der retrahirten Lunge geringfügige respiratorische Volumschwankungen hervorzurufen. Bedenken wir, dass in diesen Versuchen die Brusthöhle durch einen ausgiebigen 1.5 cm. langen, klaffen-

1) cfr. Weil l. c. Bd. XXV pag. 33 und Kreps l. c. pag. 30 und 50.
2) l. c. pag. 505.

den Schnitt eröffnet wurde, so sind wir zweifellos berechtigt, eine Volumveränderung der Lungen auch in unseren Tierexperimenten anzunehmen, wo die Oeffnung der Brustwand in der Regel nur 2 mm., höchstens 6 mm. im Durchmesser betrug.

In einer interessanten, vor nicht langer Zeit erschienenen Arbeit bespricht Sehrwald [1]) eingehend die mechanischen Verhältnisse bei offenem P., und stellt gewisse auf Beobachtung am Krankenbett und Tieren begründete Schlüsse auf. Er ist der Ansicht, dass der offene P. die Ventilation der Lungen keineswegs vernichtet, und meint, dass für den Grad derselben die Weite der Thoraxöffnung und zwar das relative Grössenverhältniss zwischen dem Fistel- und Trachealdurchmesser maassgebend ist. — Geht der Thorax bei einer kleinen Fistelöffnung aus der Exspirationsstellung plötzlich in die Inspirationsstellung über, so tritt, wenn auch für einen kurzen Augenblick, im Thoraxinneren ein negativer Druck ein, zu dessen Ausgleichung die athmosphärische Luft in den Brustkorb einströmt. Dem Eintritt der Luft stehen hier 2 Wege offen, der durch die Luftröhre und der durch die Thoraxfistel. Stets werden beide eingeschlagen; je leichter der eine Weg durchgängig ist, um so mehr Luft wird auf diesem eintreten.

Es wird somit nach Eröffnung der einen Brusthöhle ein beständiger, wenn auch reducirter Luftwechsel in beiden Lungen unterhalten, so dass, wenn unter solchen Bedingungen der Verschluss der Fistel in der Inspirationsstellung des Thorax erfolgt, auch die Lunge der kranken Seite eine gewisse Quote von Luft beherbergen wird, die bei der nächstfolgenden Exspiration aus ihr heraustreten kann.

Auf diese Weise wird bei dem inspir. geschloss. P. eine Ventilation der Lungen hergestellt, die sich vollständig in Schranken der primären, ihm zu Grunde liegenden offenen P. bewegen wird. Bestätigt wird dies zu Genüge durch die Durchschnittszahlen, die bei Ermittelung der Atemgrösse bei dem off. P. Canüle 2 mm. und dem aus dem letzteren hervorgegangenen

1) E. Sehrwald. Zum Atemmechanismus bei offenem Pneumothorax. Deutsche med. Wochschr. 1889 pag. 689.

inspir. geschl. P. gefunden worden sind. Die Zunahme des Minutenvolumens gegen die Norm beträgt in ersterem Falle + 123.2 %, im zweiten + 130.9 %, und wenn in Bezug auf die beiden anderen Unterarten des offenen P. (Canüle 4 mm. und 6 mm.) und die analogen des inspir. geschl. P. keine solche Uebereinstimmung der Resultate zu constatiren ist, so liegt das höchstwahrscheinlich an dem beträchtlichen Unterschied der die analogen Pneumothoraxarten betreffenden Versuchszahl, was zweifellos eine nicht zu unterschätzende Fehlerquelle bildet.

Zum Schluss will ich bemerken, dass durch die im Vorigen enthaltenen Auseinandersetzungen gleichzeitig die bei mir übliche Einteilung des in- und exspiratorisch geschl. P. in ihre einzelne Unterarten erklärt wird. Da, wie gesagt, der Gaswechsel der Lungen sich in einer engen Abhängigkeit von dem relativen Grössenverhältniss der Fistel- und Trachealöffnung befindet, die Trachealcanüle aber in fast allen meinen Versuchen eine constante Grösse (9 mm. im Durchmesser) vorstellt, so werden sich Unterschiede in der Ventilation der Lungen bei den einzelnen Pneumothoraxversuchen einstellen, je nachdem man, gleichviel in der In- oder Exspirationsstellung des Thorax, die Fistel von einem Durchmesser 2 mm., 4 mm. oder eine solche von 6 mm. verschliesst. Die Verschiedenheit der offenen Pneumothoraxformen mit verschieden weiten Fisteldurchmessern muss sich selbstverständlich in den aus ihnen hervorgegangenen, geschlossenen Pneumothoraxarten wiederfinden. Im Einklang mit diesen Anschauungen sind auch die erhaltenen Zahlenergebnisse, auf die schon am Anfang dieses Kapitels Aufmerksamkeit gerichtet wurde.

Anhangweise will ich noch diejenige Form des geschlossenen Pneumothorax besprechen, die durch Injection genau abgemessener Luftmengen gewonnen wird. Leider liegen bei mir von dieser Art nur einige Experimente vor, weshalb auch dieser Pneumothorax in die Haupttabelle nicht aufgenommen wurde. Immerhin lassen sich bei der Betrachtung der betreffenden Versuche gewisse allen gemeinsame Eigentümlichkeiten entdecken, die unser Interesse beanspruchen können. In dem ersteren

dieser Versuche (Protocoll Nr. I) handelt sich um Einspritzung von geringen Luftmengen. Es wurden anfangs 50 ccm., und dann 3 Mal je 60 ccm., also im Ganzen 180 ccm. Luft in die eine Pleurahöhle injicirt. Die normale Frequenz änderte sich unter Einfluss von diesen Luftinjectionen nur wenig, sie ging von 11 Atemzügen pro Minute im Ganzen auf 19—20, was einer % Zunahme von 18.0—25.0 entspricht.

Das Minutenvolumen erlitt eine geringfüge Verringerung gegen die Norm. Die höchste, bei der dritten Einspritzung (130 ccm. Luft im Ganzen = 21 ccm. pro 1 Kilo Körpergewicht) beobachtete Abnahme betrug 11.0 %, die geringste (gleich nach der ersten Injection: 5 ccm. Luft pro 1 Kilo) betrug nur 5.7 %. Am meisten war die Atemtiefe von den Lufteinspritzungen beeinflust. Sie fiel auf — 21.0 % bis — 28.8 % gegen die Norm herab.

In den beiden anderen Versuchen habe ich von vorne herein mit einer grösseren Menge Luft (100 ccm.) angefangen, und dann die Injectionen so lange fortgesetzt (eine jede zu 100 ccm.), bis sich bei den Versuchstieren Erstickungserscheinungen einstellten. Bei dem Hund Protocoll Nr. VI bin ich bis 1200 ccm. gegangen, was 132 ccm. pro 1 Kilo Körpergewicht entspricht. Bei dem Hunde Protoc. Nr. XIII hat die höchste in der Pleurahöhle befindliche Luftmenge 800 ccm. (128 ccm. pro 1 Kilo) betragen.

Bezüglich des Verhaltens der Atemfrequenz sehen wir, dass dieselbe auch in diesen Versuchen unter Einfluss von Injectionen eine Steigerung erfährt, die bei jeder folgenden Einspritzung stetig aber langsam zunimmt. Reduciren wir die injicirten Luftmengen pro 1 Kilo Körpergewicht, so zeigt sich beim Vergleich der analogen Bedingungen in beiden Versuchen, dass die Frequenz in dem einen eine ungefähr 2 Mal so grosse Zunahme erfährt, als in dem anderen. — In Betreff der Atemgrösse lässt sich in allen drei Versuchen nur ein Schwanken um die Norm beobachten, so lange es sich um geringe Luftmengen (10—30 ccm. pro Kilo) handelt. Es tritt bald eine geringe Zunahme, bald eine solche Abnahme des Minutenvolumens ein, man bekommt

nur Zahlen, die in den Grenzen der normalen Abweichungen oder etwaiger Versuchsfehler liegen.

Werden aber die Injectionen fortgesetzt und erreicht die in der Pleurahöhle befindliche Luftmenge eine nennenswerte Quote (30 ccm. bis 100 ccm. pro 1 Kilo), dann geht die Atemgrösse merklich in die Höhe. Die Zunahme derselben erreicht aber doch keinen bedeutenden Betrag, wie es die höchste, bei dem einen Hund (Prot. Nr. XII) beobachtete Zunahme von nur 47.2 % (bei Anwesenheit von 700 ccm. Luft = 112 ccm. pro 1 Kilo Körpergewicht) beweist.

Die Atemtiefe sinkt, wie gesagt, bei dem durch Injection erzeugten P. am beträchtlichsten, wobei ihre Abnahme sich der im Pleuraraum vorhandenen Luftmenge umgekehrt proportional verhält.

In dem Versuch Nr. XII verringerte sich die Atemtiefe nach der ersten Einspritzung (16 ccm. pro Kilo) auf 37.1 %, nach folgenden Injectionen fiel sie beständig, so dass bei der siebenten Injection (112 ccm. pro Kilo) ihre Abnahme schon 58.4 % der Norm betrug. Ungefähr dasselbe Verhalten der Atemtiefe ist in dem anderen Versuch (Protocoll Nr. VI) zu constatiren, nur ist dort die Verringerung durchweg nur halb so gross, wie bei dem vorigen Experiment, gewesen.

Offener Pneumothorax.

Es wurde schon im vorigen Kapitel hervorgehoben, dass bei offenem Pneumothorax keineswegs eine Functionsaufhebung der Lunge der kranken Seite beobachtet wird. Wir haben dabei den wichtigen Factor ins Auge gefasst, der für die Ventilation derselben von hoher Bedeutung ist, ich meine das relative Verhältnis zwischen den beiden Oeffnungen, der Trachealoeffnung und Thoracaloeffnung, die die Eingangspforten des Brustraumes für die äussere Luft bilden. — Zum Verständniss des Atemmechanismus bei offenem P. muss aber noch ein anderer Factor berücksichtigt werden. Es ist das die Beschaffenheit des Mediastinums und das nähere Verhalten desselben, die bei verschiedenen Tierarten

eine entsprechend andere Rolle spielen. — Es hat nämlich Sehrwald [1]) darauf hingewiesen, dass das Mediastinum, anatomisch wie physiologisch betrachtet, keineswegs eine gleichwertige Grösse darstellt, da es erstens sowol bei gesunden, wie bei kranken, sich während der einzelnen Respirationsphasen völlig verschieden verhält, und weil es zweitens bei Erkrankungen der Lungen und der Pleura solche Veränderungen erleidet, dass es für den Atemmechanismus eine völlig andere Rolle übernimmt.

Beim Menschen bildet einmal das Mediartimum eine ziemlich feste Membran, ist nur wenig dehnbar und verschieblich; es leistet hiemit dem auf dasselbe von der einen Seite lastenden Druck einen gewissen Widerstand, wodurch die eine Pleurahöhle so ziemlich von der anderen unabhängig ist. Im Fall eines einseitigen Pneumothorax werden daher die in der einen Brusthöhle herrschenden Druckverhältnisse die Lunge der gesunden Seite nur bis zu einem gewissen Grade beeinflussen.

Zweitens werden diese Eigenschaften des menschlichen Mediastinums bei der Respiration noch bedeutend erhöht. Dasselbe ist nämlich mit seinem unteren Rand fest an das Zwerchfell angeheftet und wird daher bei Contraction des letzteren nach einer anfänglichen geringen Ausbauchung zu einer geraden Fläche gestreckt, bei stärkeren Zwerchfellscontractionen auch stärker gespannt, so dass es schliesslich seine Dehnbarkeit vollständig verliert. — Abgesehen vom Zwerchfell wirkt gleichzeitig spannend auf das Mediastinum die Tiefenzunahme des Thorax. — Da nun bei offenem P. die Zwerchfell-Thoraxexcursionen vielfach die Norm übertreffen, so erlangt diese Auspannung des Mediastinums für den Lungengaswechsel in der gesunden Brusthälfte eine besondere Bedeutung. — All' diese Verhältnisse wurden von Sehrwald genau an einem Patienten studirt, dessen Mediastinum er nach Rippenresection mittelst Reflectorlichtes betrachtete. — Wie verhalten sich nun meine Versuchstiere in dieser Beziehung?

Bei anatomischer Betrachtung erweist sich das Mittelfell des Hundes als eine sehr dünne, stark dehnbare und lockere Membran, die schlaff im Pleuraraum zwischen ihren Befestigungs-

1) l. c. pag. 691.

punkten ausgespannt ist, und daher äusserst leicht sich nach beiden Seiten verschieben und ausbauchen lässt. Im Grossen und Ganzen sehr schwach ausgebildet, erlangt es nur an einzelnen spärlichen Stellen durch Einlagerung des Herzens und der grossen Gefässe eine gewisse Widerstandsfähigkeit den Druckverhältnissen gegenüber.

Selbstverständlich kann ein so beschaffenes Mediastinum für den Atemmechanismus keine irgend wie erhebliche Bedeutung haben. Die eine Pleurahöhle des Hundes wird in einem engen Abhängigkeitsverhältniss von der anderen stehen, so dass die etwa vorkommenden Druckverhältnisse in der ersteren alsbald in der zweiten zur Geltung kommen müssen, wodurch die gesunde Lunge in ihrer Fähigkeit ebenfalls stark beeinflusst wird.

Man könnte sich nun vorstellen, dass das Mittelfell des Hundes analog demjenigen des Menschen durch Dehnung bei der Inspiration eine grössere Festigkeit erlangen und auf diese Weise eine Emancipation der Pleurahöhlen von einander bis zu einem gewissen Grade veranlassen könnte.

Es hat sich aber bei meinen Versuchen herausgestellt, dass diese Einwirkung der Zwerchfells-Thoraxbewegungen auf das Mediastinum des Hundes illusorisch ist, da dasselbe für Luft durchgängig ist, so dass die Eröffnung der einen Brusthöhle eine Ansammlung von Luft in den beiden Pleuraräumen nach sich zieht.

Es hat schon Szupak [1]) in seiner Arbeit darauf hingewiesen, dass in manchen, allerdings seltenen Fällen eine macroscopisch sichtbare siebförmige Durchlöcherung des Mediastinum des Hundes angetroffen wird. Er beschreibt kleine etwa 1 bis 4 mm. im Durchmesser betragende Löcher, die in grösserer Zahl (7—8) an circumscripten Stellen bei zwei Mittelfellen zu finden waren, und fasst dieselben als eine angeborene Anomalie auf. Durch diesen Befund aufmerksam geworden, habe ich stets das Mediastinum meiner Versuchstiere speciell auf diesen Punkt genau untersucht, konnte aber bei den etwa 30 vorgenommenen Sectionen kein einziges Mal diese Erscheinung constatiren.

1) l. c. pag. 19—20.

Es fiel mir aber bei den Autopsien auf, dass regelmässig, trotzdem nur ein einseitiger Pneumothorax intra vitam bestanden hat, doch die beiden Lungen sich als vollständig retrahirt und fast luftleer erwiesen. Als je zwei kleine Fleischklumpen lagen sie in der Regel in den beiden Nischen zwischen der Wirbelsäule und den benachbarten Rippen und nahmen nur einen unbedeutenden Teil des ansehnlichen Pleuraraumes ein, den sie während des Lebens vollständig ausfüllen. Dieser Befund machte es wahrscheinlich, dass das Mediastinum, aus das macroscopisch nicht durchlöcherte, für Luft durchgängig ist, und veranlasste mich bei der Section die gesunde Brusthälfte speciell auf den Luftgehalt sorgfältig zu untersuchen.

Die aber anfangs von mir zum Nachweis von Luft angewandten Methoden (wie die manometrische Druckbestimmung oder Einführen der mit einem Schlauch versehenen Canüle in ein mit Wasser gefülltes Cylindergefäss, das mit seinem Boden nach oben gekehrt in Wasser tauchte u. s. f.) waren nicht geeignet, eine Entscheidung hierüber zu bringen. — Erst zuletzt konnte ich den wahren Sachverhalt ergründen, als ich nach dem Rat von Herrn Prof. Dr. Unverricht die Section der gesunden Brusthälfte unter Wasser vornahm. Man eröffnet zu diesem Zweck noch zuvor die Bauchhöhle des Tieres, um sich einen leichten Zugang zu der betreffenden Zwerchfellshälfte zu verschaffen. Ein vorsichtiger, durch Zwerchfell und benachbarte Rippen gehender Schnitt eröffnet die zu untersuchende Pleurahöhle, das Wasser ergiesst sich in dieselbe und drängt die etwa darin vorhandene Luft sofort heraus.

Die in dieser Weise vorgenommenen Versuche illustrirten aufs Eclatanteste die Thatsache, dass bei einseitigem P. Luft auch in der nicht eröffneten Brusthöhle regelmässig enthalten war. In dem nachträglich untersuchten Mediastinum liess sich mit blossem Auge keine einzige Oeffnung nachweisen.

In allen diesbezüglichen Versuchen konnte ich mich, abgesehen von der Wasserprobe, von der Richtigkeit meiner Behauptungen durch die Betrachtung des Zwerchfells nach der Eröffnung der Bauchhöhle überzeugen. Das Diaphragma ist

nämlich in seinen sehnigen Partien vollständig durchscheinend, und man kann daher durch Besichtigung desselben von unten her den Inhalt der Brusthöhle übersehen. In keinem dieser Fälle lag die Lunge der gesunden Seite, wie es normal der Fall sein sollte, dem Zwerchfell an, sie war im Gegenteil stark von dem letzteren abgewichen, was notwendig ein Vorhandensein von Luft in der betreffenden Pleurahöhle voraussetzte.

Es steht also fest, dass das Mediastinum des Hundes für Luft durchgängig ist. Dass diese Durchgängigkeit eine sehr leichte ist und nicht notwendig an einen hohen, längere Zeit andauernden Druck gebunden ist, kann daraus erschlossen werden, dass in einem Falle unmittelbar nach dem Tode die Brusthöhle eröffnet wurde, und dann nur wenige künstliche Respirationsbewegungen vorgenommen wurden. Dennoch drang in dieser kurzen Zeit Luft durch das Mittelfell in die andere Brusthöhle ein, wie dies durch die Wasserprobe festgestellt wurde.

Angesichts dieser sicher feststehenden Permeabilität des Mediastinum für Luft kann von irgend einer Rolle desselben bei dem Atemmechanismus bei dem offenen P. keine Rede mehr sein. Jene Auspannung bei der Inspirationsbewegung des Thorax hilft nichts für die Entfaltung der gesunden Lunge, denn ist einmal die eine Brusthöhle eröffnet, so dringt Luft durch die mit blossem Auge nicht sichtbaren Poren des Mittelfells in die andere Plurahöhle ein, und beeinträchtigt die Tätigkeit der in ihr befindlichen Lunge, als ob das Mediastinum gar nicht da wäre. Ein einseitig offener Pneumothorax ist demnächst bei dem Hunde nur eine Fiction, wir werden stets, gleichviel welche Pleurahöhle eröffnet wird, mit einem beiderseitigen P. zu thun haben.

Gehe ich zu den von mir bei offenem Pneumothorax erhaltenen Resultaten über, so weise ich zunächst auf das constante Verhalten der Atemfrequenz bei fast allen Fistelgrössen hin. Die Zunahme derselben gegen die Norm bewegt sich bei den P. Canüle 2 mm., 3 mm., 4 mm. und 6 mm. zwischen 242.2 % und 246.9 %. Bei dem Fisteldurchmesser von 8 mm. wurde in den zwei diesbezüglichen Versuchen eine

mässige Frequenz beobachtet, welche die normale nur um wenige % (+ 38.2% im Durchschnitt) übertroffen hat.

Bezüglich der Atemgrösse lässt sich im Allgemeinen eine Zunahme derselben constatiren, die im Durchschnitt aus allen betreffenden Versuchen 66.7 % beträgt. Bei der Betrachtung der Tabelle pag. 30 sehen wir, wie das Minutenvolumen sich mit wachsendem Fisteldurchmesser stetig verringert, so dass es bei dem offenen P. mit Fistelgrösse von 8 mm. gar unter die Norm sinkt (— 17.4 %).

Betreffs der Atemtiefe erweist sich ein Sinken derselben unter die Norm bei allen Unterarten des offenen P., wobei ihr durchnittlicher Betrag mit demjenigen bei dem inspir. geschloss. P. zusammenfällt, wie dies sich aus dem Vergleich der beiden Zahlen ergiebt, die die Abnahme der Atemtiefe bei diesen Pneumothoraxarten in % ausdrücken (— 42.3 % und — 43.1 %). Am grössten ist die mit einem Atemzug geschöpfte Luftmenge bei dem off. P. Canüle 2 mm. Mit dem wachsenden Fisteldurchmesser verringert sich dieselbe, so dass bei dem off. P. Canüle 6 mm. die Verringerung der normalen Atemtiefe schon 49.5 % gegen eine solche von 31.7 % bei der oben erwähnten Fistelgrösse beträgt. — Bei dem P. Can. 8 mm. finden wir auffallender Weise beim Vergleich mit den vorigen offenen Pneumothoraxen eine Steigerung der Atemtiefe. Ihre % Abnahme gegen die Norm beträgt nur 40.5, ist also nur grösser, als diejenige bei dem Fisteldurchmesser von 2 mm., dagegen wird sie von der bei den übrigen Fistelgrössen gefundenen übertroffen. — Höchstwahrscheinlich liegt diese Abweichung von der geschilderten Gesetzmässigkeit in dem Verhalten der Atemtiefe darin, dass die grösseren Tiere, und an solchen wurden die zwei diesbezüglichen Versuche mit dem Fisteldurchmesser 8 mm erzeugt (Protocoll Nr. II und VIII), durch gleich weite Eröffnung ihrer Pleurahöhlen relativ weniger geschädigt werden. — Wir haben bis jetzt bei Erwägung des Atemmechanismus bei off. P. nur die Weite der Thoraxfistel und der Trachealcanüle in Betracht gezogen. Streng genommen ist für die Atemtätigkeit der Lungen nicht bloss das Verhältnis zwischen der Grösse dieser

beiden Oeffnungen maassgebend, sondern das Verhältniss der Gesammtwiderstände, welche sich der Entfaltung der Lungen von beiden Seiten entgegenstellen. Auf der einen Seite stellt die Trachealöffnung nur einen Teil der dem Luftstrom entgegenstehenden Widerstände dar, die insgesammt von dem ganzen Bronchialsystem der Lungen repräsentirt werden. Auf der anderen Seite ist zu berücksichtigen, dass eine gleich grosse Thoraxfistel für einen grösseren Hund als ein grösserer Widerstand zu betrachten ist, als für einen kleineren. Der Atemmechanismus wird durch gleich grosse Fisteln bei grossen Tieren im Allgemeinen wol weniger verändert werden, als bei kleinen.

Wenn ich dennoch die gewonnenen Resultate miteinander verglichen habe, ohne auf diese Erwägungen Rücksicht zu nehmen, so geschah es einmal, weil die Grösse der verglichenen Tiere nicht allzu sehr variirte, dann aber auch, weil sich Gesetze über die Grösse der Widerstände in dem Bronchialbaum und in der Thoraxfistel und ihre Beziehung zur Körpergrösse kaum aufstellen lassen. Auf Abweichungen von den allgemeinen Resultaten muss man bei meiner Betrachtungsweise aber gefasst sein, und dahin rechne ich jene zwei Fälle mit 8 mm. Fistelgrösse.

Vergleicht man im Kurzen meine den off. P. betreffenden Ergebnisse mit denen anderer Autoren, so erweist sich im Grossen und Ganzen eine Uebereinstimmung zwischen denselben. Sowol Weil [1]), wie Kreps [2]) berichten von off. P., dass demselben eine starke Zunahme der Atemfrequenz eigentümlich ist, die mit der von mir gefundenen annähernd übereinstimmt. Ein specieller Vergleich meiner Resultate lässt sich weder mit denjenigen von Weil, noch mit denen von Kreps ziehen, da bei dem ersteren die Thoraxöffnung entweder nur $1^1/_2$ mm. betrug, oder einen langen klaffenden Schnitt vorstellte, bei dem letzteren wiederum die Weite der Fistel nur in einzelnen Versuchen zahlmässig angegeben wurde.

1) l. c. Bd. XXV. pag. 33.
2) l. c. pag. 30.

Bei der Zusammenstellung der von mir an Hunden gefundenen Werte mit den von Weil und Thoma an Kaninchen gesammelten, ergeben sich in Bezug auf das Verhalten dieser beiden Tierarten beim Pneumothorax teils Aehnlichkeiten, teils Unterschiede, auf die ich anhangweise aufmerksam machen will.

Bei offenem P. wurde bei Kaninchen ein Sinken sämmtlicher zu untersuchenden Werte beobachtet, sowol der Atemfrequenz und der Tiefe, wie auch des Minutenvolumens [1]). Der offene P. von Weil und Thoma war in der Regel ein weit offener. Sie veröffentlichten nur einen Versuch, wo die Thoraxfistel eine nur stecknadelkopfgrosse Oeffnung vorstellte. Aber auch hier wurde, freilich in viel geringerer Ausdehnung, ein Herabgehen sämmtlicher Werte constatirt.

Offenbar reagiren also die Kaninchen auf Eröffnung ihrer Pleurahöhle in etwas anderer Weise, als die Hunde. Sie sind jedenfalls nicht im Stande, durch Vermittlung von frequenten und ausgiebigen Thoraxexcursionen das bei off. P. vorhandene Atemhinderniss zu paralysiren, und eine genügende Ventilation ihrer Lungen zu unterhalten.

Dagegen gestalten sich die den geschlossenen P. betreffenden Versuche bei beiden Tierarten in vollständig analoger Weise. Hier und dort handelt sich um eine regelmässige Zunahme der Atemfrequenz und der Atemgrösse. Und wenn die Atemtiefe bei Kaninchen in einzelnen Fällen (5) ebenfalls gesteigert, in einzelnen (4) verringert gefunden wurde, so war doch die Abnahme in den letzteren viel stärker, als die Zunahme in den zuerst erwähnten Versuchen ausgeprägt, so dass die Durchschnittszahl negativ ausfiel (— 4.8% gegen die Norm) und folglich mit dem entsprechenden Verhalten bei Hunden im Einklang steht.

Auf diese Weise wird die in Bezug auf den offenen Pneumothorax nur partielle Aehnlichkeit der Hunde mit den Kaninchen bei geschlossenem P. zu einer vollständigen.

Zum Schluss meiner bisherigen Betrachtungen möchte ich

1) l. c. pag. 511.

noch die Frage über die Compensation des durch Pneumothorax gesetzten Atmungshindernisses streifen. Es wurde durch meine Untersuchungen festgestellt, dass sowol bei dem geschlossenen P., wie auch bei dem offenen, denjenigen mit dem Fisteldurchmesser 8 mm. ausgenommen, eine regelmässige, beträchtliche Steigerung des Minutenvolumens eintritt. Diese Zunahme der in einer bestimmten Zeit eingeatmeten Luftmenge braucht aber nicht als eine wirkliche Uebercompensation im physiologischen Sinne aufgefasst zu werden. Sie giebt uns nur Aufschluss über die Aenderung des normalen Lungengaswechsels; ob gleichzeitig die Oxydationsvorgänge des Tierkörpers eine Steigerung gegen die Norm erfahren, darüber kann erst die vorgenommene Gasanalyse der Exspirationsluft bis zu einem gewissen Grade entscheiden.

Solche Untersuchungen wurden eben von Weil und Thoma angestellt. Sie bestimmten die bei Pneumothorax in der Zeiteinheit ausgeschiedene Kohlensäuremenge und den Kohlensäuregehalt der Exspirationsluft und kamen nun zum Schluss, dass beide Factoren analog dem Verhalten der Atemgrösse bei offenem P. eine Herabsetzung, bei geschlossenem eine Zunahme erleiden. Die Abnahme der in der Zeiteinheit ausgeschiedenen Kohlensäuremenge bei dem ersteren betrug im Durchschnitt aus den drei diesbezüglichen Versuchen 56.7 %, die Zunahme bei dem letzteren bewegte sich zwischen 17.1 % und 23.4 %, nur in einem Falle ist die CO_2-Ausscheidung auf 5.8 % gesunken [1]).

Die Thoma-Weil'schen Resultate sind, wie früher gesagt, an Kaninchen gewonnen, und stimmen deshalb mit den meinigen in Bezug auf das Minutenvolumen nicht ganz überein, welches auch bei offenem P. von mir als gesteigert gefunden wurde.

Angenommen aber, es sei constant die mit der Exspirationsluft ausgeschiedene CO_2-Menge der Atemgrösse annähernd proportional, wie dies in den Thoma-Weil'schen Versuchen der Fall ist, so müssen wir schliessen, dass auch in unseren Versuchen, wo eine Zunahme des Minutenvolumens zu constatiren

1) Weil und Thoma, l. c. pag. 511.

war, eine Steigerung der ausgeführten CO_2, und umgekehrt bei der Abnahme der Atemgrösse eine entsprechende Verringerung zu Stande gekommen war.

In Bezug auf die Abnahme der ausgeschiedenen CO_2-Menge nehmen Weil und Thoma an, dass es sich in diesen Fällen vorwiegend um eine Herabsetzung der Ausscheidung handelt. Ob hier auch gleichzeitig eine verminderte CO_2-Bildung zu Stande kommt, wagen sie nicht zu entscheiden, da ihre diesbezüglichen Bestimmungen sich nur auf die unmittelbar dem Eingriff folgende Zeitperiode, nicht aber auf längere Zeiträume erstreckt haben.

Wodurch die Zunahme bedingt ist, lässt sich aus solchen Versuchen nicht entgültig entscheiden. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass durch die starken Muskelanstrengungen, die der Organismus machen muss, um die Atmungshindernisse auszugleichen, eine mehr oder weniger erhebliche Vermehrung der Kohlensäureproduction entsteht.

Vielleicht stellt das + an ausgeführter CO_2 gerade das + an gebildeten CO_2 dar. Dann würde durch den vermehrten Lungengaswechsel eine vollständige Compensation erzielt werden.

Es ist aber auch denkbar, dass die von uns gefundene vermehrte Lungenventilation für diesen Zweck ungenügend ist. In diesem Falle, so wie in den von uns oben berührten, wo die Lungenventilation kleiner, als in der Norm ist, würde der Organismus nur dann fortbestehen können, wenn er seine Kohlensäureproduction erheblich einschränkt.

Ventilpneumothorax.

Unter den Pneumothoraxarten, welche natürlich entstehen, oder durch das Experiment erzeugt werden, ist der Ventilpneumothorax zweifelsohne die verderblichste. Die Reservekräfte, die dem lebenden Organismus zum erfolgreichen Kampf gegen das Pneumothoraxleiden überhaupt zu Gebote stehen, reichen in diesem Falle nicht mehr aus, und das Tier geht nach vergeblichen Anstrengungen in der Regel zu Grunde.

Die Ursache davon liegt in den eigentümlichen mechanischen Verhältnissen, die bei erwähntem Leiden obwalten, und daher eine Compensation des Atemhindernisses an sich unmöglich machen. Bekanntlich nimmt hier der Druck in der Pleurahöhle mit jedem Atemzuge stetig zu, so dass jede Bestrebung die Lungenventilation zu fördern, dieselbe im Gegenteil noch mehr verhindert.

Indessen ist nicht ein jeder Ventilpneumothorax dem anderen gleich. Schon der bei Menschen vorkommende erweist sich, wie die diesbezügliche Casuistik bezeugt, keineswegs so ungünstig, wie das aus der Natur dieses Pneumothorax zu erwarten wäre.

Das Auftreten von Ventilpneumothorax im Verlauf der Phtisis pulmonum ist eine sehr häufige Erscheinung und doch bleiben die davon betroffenen Individuen oft noch lange am Leben, und manchmal erholen sie sich sogar nach demselben [1]).

In einem Teil dieser Fälle lässt sich dies dadurch erklären, dass man bei dem phtisischen Ventilpneumothorax mit alten, von Entzündungen herrührenden, oft sehr ausgedehnten Verwachsungen der beiden Pleurablätter zu thun hat, wodurch der Pneumothorax zu einem abgesackten wird und daher seinen verderblichen Einfluss auf die beiden Lungen nur in beschränktem Masse ausüben kann. Dann aber muss auch betont werden, dass bei Menschen das Mediastinum, selbst wenn es nicht schwielig verändert ist, doch der Verdrängung so viel Widerstand leistet, dass die gesunde Lunge in den meisten Fällen die zum Fortbestand des Lebens nötige Blutventilation bewerkstelligen kann.

Wir finden aber auch bei Kreps, der ja an vollständig gesunden Tieren experimentirte, dass diese Pneumothoraxform unter gewissen Umständen keine so ungünstige Wirkung auf den Atemmechanismus entfaltet.

Diese Erscheinung erklärt sich hier durch die von Kreps angewendete Methode.

Die Ventile, deren sich dieser Autor zur Erzeugung des Ventilpneumothorax bedient hat, waren Müller'sche Queck-

1) Weil, l. c. Bd. XXXI pag. 270.

silberventile [1]), die so grosse Widerstände boten, dass bei den flacheren Atemzügen Luft in die Pleurahöhle gar nicht, bei den tieferen nur in geringen Mengen eingesaugt wurde.

Auf diese Weise konnte Kreps bei seinen Versuchstieren einen Ventilpneumothorax verschiedenen Grades (mit verschieden grossem Luftquantum) entstehen lassen, der sonst nur schwer zu Stande gebracht werden kann.

Fügen wir hinzu, dass die meisten Versuchstiere von Kreps schwer narcotisirt waren (Morphium 0.2—0.6), wobei bekanntlich die Atembewegungen an und für sich flacher zu sein pflegen, so wird das Verständnis für den relativ unschuldigen Charakter des von ihm erzeugten Pneumothorax gewonnen.

Im schroffen Gegensatz zu dem letzteren bezüglich des Einflusses auf die Atmung steht nur der Ventilpneumothorax in meinen Versuchen. Wie schon früher erwähnt (cfr. pag. 29), habe ich denselben vermittelst meiner Membranventile erzeugt. Dieselben bieten aber dem Eintritt der Luft so geringe Widerstände, dass Luft bei den leisesten Thoraxexcursionen ohne jegliches Hindernis in die Pleurahöhle eindringt und daher sich bald darin in einer so reichlichen Menge aufspeichert, dass das Leben des Tieres in kürzester Frist ernstlich bedroht wird.

Nach den übereinstimmenden Resultaten meiner Versuche gehören dazu nur wenige Atemzüge, deren Zahl sich im Durchschnitt auf 17 beläuft.

Ich muss dabei erwähnen, dass die Erstickungserscheinungen bei meinen Versuchstieren sich in der Regel schon einstellten, ehe noch die höchste, überhaupt mögliche Anfüllung der Pleurahöhle mit Luft erreicht war, indem noch nach dem völligen, an der Gasuhr zu constatirenden, Aufhören jeglicher Lungenventilation von Zeit zu Zeit bei der stärkeren Thoraxerweiterung geringe Luftmengen das Ventil passirten.

Hiedurch stehen meine Versuche mit denen von Weil im Einklang, der ebenfalls den echten Ventilpneumothorax an Hunden nicht erzeugen konnte und seine Beobachtungen nur über den in statu nascenti gesammelt hat.

1) Kreps, l. c. pag. 25.

Der einzelne Versuch gestaltete sich bei mir in der Weise, dass ich das Ventil nur so lange wirken liess, bis die Aufnahme von Luft, nicht das Spiel des Ventils aufhörte, wonach ich das letztere ausschaltete. Die unter hohem Druck befindliche Luft wurde durch einen kräftigen Exspirationsstoss aus der Pleurahöhle herausgetrieben, und nachdem eine Erholung bei dem Tiere eingetreten, wurde ein zweiter, dann ein dritter u. s. w. Versuch angestellt, die mit geringen Abweichungen dieselben Verhältnisse aufwiesen. Die Zeit, in der der Ventilvorgang sich abspielte, betrug im Durchschnitt eine halbe Minute.

Gehe ich im Speciellen zu den Veränderungen, die der Atemmechanismus bei meinem Ventilpneumothorax erleidet, so will ich in erster Linie auf das Verhalten der Atemfrequenz hinweisen. Dieselbe erfährt analog den bei sonstigen Pneumothoraxarten beobachteten Verhältnissen, eine regelmässige Steigerung gegen die Norm. Die Zunahme beträgt im Durchschnitt aus allen betreffenden Versuchen 153.6 %, die Atemfrequenz beim Ventilpneumothorax nähert sich demnächst am ehesten derjenigen, die wir bei dem geschlossenen P. mit grossem abgemessenen Luftquantum constatirt haben, dagegen wird sie von der bei offenem, inspiratorisch und exspiratorisch geschloss. P. beobachteten stark übertroffen. — Diese Zunahme der Frequenz steht in keinerlei Verhältnis zu der bedeutenden Herabsetzung der Atemtiefe, wodurch das Resultirende aus beiden, die Atemgrösse auf einen kleinen, nur die Hälfte des Norm betragenden Wert sinkt (—44.6 %). Die Abnahme der Atemtiefe ist nämlich hier im Vergleich mit derjenigen bei den übrigen Pneumothoraxarten die bedeutendeste, indem sie auf 73.3 % gegen die Norm herabfällt, was durch den hohen, die Entfaltung der Lungen stark beeinträchtigenden Druck in der Pleurahöhle erklärlich ist.

Selbstverständlich sind all' die angegebenen Werte nur für den Anfang des Experimentes giltig, wo überhaupt noch ein Gaswechsel in den Lungen vor sich geht; denn, wie gesagt, hört der letztere bei weiterer Ventilwirkung nach kurzer Zeit vollständig auf. Krampfhafte, angestrengte Excursionen des

Thorax dauern noch einige Zeit fort, sie sind aber nicht mehr im Stande, angesichts der starken Füllung der Pleurahöhlen mit Luft, in den letzteren Druckschwankungen zu erzeugen, die einen Anlass zur Entfaltung der Lungen geben könnten.

Resumé.

Fasse ich die Ergebnisse meiner an Hunden vorgenommenen Untersuchugen zusammen, so kann ich sie in folgenden Punkten ausdrücken.

1) Die Atemfrequenz erleidet bei allen Formen des Pneumothorax eine beträchtliche Zunahme gegen die Norm.
2) Am stärksten ist diese Zunahme bei dem exspiratorisch geschlossenen Pneumothorax, weniger bei dem inspiratorisch geschlossenen ausgeprägt. Die Mittelstellung zwischen beiden behauptet der offene Pneumothorax. Der durch Injection gewonnene P. [1]) weist in Bezug auf die Frequenz nur eine geringe Zunahme auf, die den eingespritzten Luftmengen direckt proportional ist.
3) Die Atemgrösse erfährt bei dem in- und exspiratorisch geschloss. P. eine regelmässige Steigerung, die sich mit der Zunahme des Fisteldurchmessers des primären, ihnen zu Grunde liegenden offenen P., verringert.
4) Bei Injection von Luft in die Pleurahöhle bleibt die Atemgrösse anfangs fast unbeeinflusst, erst bei grösseren Luftquantitäten erleidet sie eine nur unbedeutende Zunahme.
5) Bei offenem Pneumothorax ist die Atemgrösse der Fistelgrösse umgekehrt proportional. Erst bei sehr weiten Fistel-

---

1) In Bezug auf den durch Injection von Luft gewonnenen Pneumothorax müssen die Ergebnisse nur mit einer gewissen Reserve aufgenommen werden, da die Zahl der betreffenden Versuche eine sehr spärliche war.

durchmessern sinkt sie unter die Norm, sonst steht sie hoch über derselben.

6) Bei dem Ventilpneumothorax ist die Atemgrösse, wie auch die sonstigen Werte, im hohen Grade von den dem angewandten Ventil innewohnenden Widerständen abhängig. Bei dem von mir erzeugten Ventilpneumothorax sinkt der Gaswechsel der Lungen rapide, so dass er nach kürzester Zeit der Ventilwirkung vollständig vernichtet wird.

7) Die Atemtiefe erleidet ausnahmlos bei allen Pneumothoraxarten eine Abnahme, wobei sie bei dem in-, exspirator. geschl. und offenem P. ungefähr denselben Wert repräsentirt.

8) Bei dem durch Injection von Luft erzeugten P. steht die Atemtiefe, so lange es sich um geringe Luftquantitäten handelt, nur wenig unter der Norm; beim Fortsetzen der Injectionen sinkt sie immer stärker, so dass ihr Betrag bei den höchsten, noch ertragbaren Luftmengen mit demjenigen bei den vorher erwähnten Pneumothoraxarten übereinstimmt.

9) Bei dem offenen P. ist die Atemtiefe ungefähr der Grösse der Thoraxfistel umgekehrt proportional.

10) Die beim Ventilpneumothorax beobachtete Abnahme der Atemtiefe ist im Vergleich mit derjenigen bei den übrigen Pneumothoraxarten die bedeutendeste; nach wenigen Atemzügen beträgt hier die Atemtiefe nur das $^1/_4$ des Normalwertes, bei fortgesetzter Ventilwirkung sinkt sie rapide auf 0.

Versuchsprotocolle.

Protocoll Nr. I.

Männlicher Hund. Gewicht 6040 Grm. Narcose. Morphium 0.05 intravenös.

Anordnung des Versuches.	Dauer der pasometr. Bestimmung in Minuten.	Atemfrequenz pro Minute.			Minutenvolumen in ccm.			Atemtiefe in ccm.		
		Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %
Normal.		40								
Narcose.		14								
Tracheotomie. Trach.canüle 6 mm.		18								
Einschaltung in die Gasuhr.	5	16			1419			88.7		
Injection von 30 ccm. Luft in d. r. Pleurahöhle.	5	19	+ 3	+ 18.8	1337	— 82	— 5.7	70.0	— 18.7	—21.0
Injection von weiteren 50 ccm. (im Ganzen 80 ccm.)	5	19	+ 3	+ 18.8	1299	— 120	— 8.4	68.3	— 20.4	—23.0
Injection von weiteren 50 ccm. (im Ganzen 130 ccm.)	5	20	+ 4	+ 25.0	1263	— 156	— 11.0	63.1	— 25.6	— 28.8
Injection von weiteren 50 ccm. (im Ganzen 180 ccm.)	5	20	+ 4	+ 25.0	1292	— 127	— 8.9	64.9	— 23.8	—26.8
Offener Pneumothorax. Canüle 2 mm.	5	60	+44	+275.0	3256	+1837	+129.0	54.2	— 34.5	—38.8
Exspirat. geschlossen. Pneumothorax.	5	90	+84	+525.0	2466	+1027	+ 72.3	27.1	— 61.6	—69.4
Verblutungstod.										

Protocoll Nr. II.

Männlicher Hund. Gewicht 12650 Grm. Narcose. Morphium 0.1 intravenös.

Normal.		9								
Narcose.		8								
Tracheot. Tracheale. 9 mm.		10								
Einschaltung in die Gasuhr.	5	9			830			92.2		
Offener P. Can. 2 mm.	5	23	+14	+155.6	1256	+ 426	+ 51.3	54.6	— 37.6	—40.7
Exspir. geschloss. P.	5	42	+33	+366 7	2429	+1599	+192.4	57.6	— 34.6	—37.5
Inspir. geschl. P.	5	28	+19	+211.2	1881	+1051	+126.6	67.2	— 25.0	—27.1
Offener P. Can. 4 mm.	3	16	+ 7	+ 77.8	964	+ 134	+ 16.1	60.2	— 32.0	—34.7
Offener P. Can. 8 mm.	3	12	+ 3	+ 33.4	578	— 252	— 30.3	48.2	— 44.0	—47.7

Protocoll Nr. III.

Weiblicher Hund. Gewicht 4950 Grm. Narcose. Morphium 0.075 intravenös, Chloralhydr. 0.5 intrv.

Narcose.		17								
Tracheot. Tracheale. 6 mm.										
Einschaltung in die Gasuhr.	5	15			719			48.0		
Offener P. Can. 2 mm.	5	37	+22	+146.7	1421	+ 702	+ 97.7	38.4	— 9.6	—20.
Exspir. geschl. P.	5	79	+64	+426.7	2806	+2087	+290.2	35.5	— 12.5	—26.
Inspir. geschl. P.	3	64	+49	+326.7	2548	+1829	+254.4	39.8	— 8.2	—17.
Offener P. Can. 4 mm.	2	8	— 7	— 46.7	84	— 635	— 88.3	10.5	— 37.5	—78.1
Inspir. geschl. P.	4.5.	24	+ 9	+ 60.0	1105	+ 386	+ 53.7	45.8	— 2.2	+ 4.
Exspir. geschl. P.	5	34	+19	+126.7	1714	+ 995	+138.3	50.4	+ 2.4	+ 5.

Protocoll Nr. IV.

Männlicher Hund. Gewicht 5380 Grm. Narcose. Morphium 0.05, Chloralhydrat 0.5 intravenös.

Anordnung des Versuches.	Dauer der gasometr. Bestimmung in Minuten.	Atemfrequenz pro Minute.			Minutenvolumen in ccm.			Atemtiefe in ccm.		
		Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %
ngebunden.		14								
ach dem Aufbinden.		35								
arcose. Morphium.		15								
racheot. Trachealcan. 6 mm.		—								
hloralhydrat.		15								
nschaltung in die Gasuhr.	5	13			729			56.0		
fener P. Canüle 2 mm.	5	59	+46	+353.8	2406	+1677	+230.0	40.8	—15.2	—27.1
xspir. geschloss. P.	5	73	+60	+461.5	2567	+1838	+252.1	35.2	—20.8	—37.1
spir. geschloss. P.	5	67	+54	+415.4	2426	+1697	+232.8	36.2	—19.8	—35.4
fener P. Canüle 4 mm.	3	71	+58	+446.1	1982	+1253	+171.9	27.9	—28.1	—50.2
xspir. geschlossen. P.	5	80	+67	+515.4	2607	+1878	+257.6	32.6	—23.4	—41.8
spir. geschloss. P.	5	75	+62	+476.9	2298	+1569	+215.0	30.6	—25.4	—45.3
fener P. Canüle 6 mm.	1	73	+60	+461.5	1226	+ 497	+ 68.2	16.8	—39.2	—70.0

Protocoll Nr. V.

Weiblicher Hund. Gewicht 7200 Grm. Narcose. Morphium 0.075 subcutan.

arcose.		14								
nschal ung in die Gasuhr.	5	12			1045			87.0		
fener P. Canüle 2 mm.	5	60	+48	+400.0	3142	+2097	+200.6	52.4	—34.6	—39.8
xspir. geschl. P.	5	54	+42	+350.0	2222	+1177	+112.6	41.1	—45.9	—52.8
spir. geschl. P.	5	62	+50	+416.7	2409	+1364	+130.5	38.8	—48.2	—55.4
fener P. Canüle 4 mm.	1	63	+51	+425.0	2301	+1256	+120.2	36.5	—50.5	—58.0
xspir. geschl. P.	5	63	+51	+425.0	2493	+1448	+138.5	39.6	—47.4	—54.5
spir. geschl. P.	1	43	+31	+258.3	1446	+ 401	+ 38.4	33.7	—53.3	—61.3
fener P. Canüle 6 mm.	1	60	+48	+400.0	470	— 575	— 55.0	7.8	—79.2	—91.0
xspir. geschl. P.	5	33	+21	+175.0	1680	+ 635	+ 60.8	50.8	—36.2	—41.6
spir. geschl. P.	1	28	+16	+133.4	756	— 289	— 27.7	27.0	—60.0	—69.0

Protocoll Nr. VI.

Männlicher Hund. Gewicht 9070 Grm. Narcose. Morphium 0.07 subcutan.

rcose.		68								
acheot. Trachealc. 9 mm.		18								
nschaltung in die Gasuhr.	5	14			1028			73.4		
.v. 100 ccm. Luft in d.r. Plrh.	5	17	+ 3	+ 21.4	1072	+ 44	+ 4.3	63.0	—10.4	—14.2
. v. weit. 100 ccm. (i. G. 200)	5	18	+ 4	+ 28.6	1109	+ 81	+ 7.9	61.0	—12.4	—16.9
.v. weit. 100 ccm. (i. G. 300)	5	22	+ 8	+ 57.2	1082	+ 54	+ 5.3	49.2	—24.2	—33.0
.v. weit. 100 ccm. (i. G. 400)	5				1159	+ 131	+ 12.9			
.v. weit. 100 ccm. (i. G. 500)	5	26	+12	+ 85.8	1378	+ 350	+ 34.0	53.0	—20.4	—27.8
.v. weit. 100 ccm. (i. G. 600)	5	27	+13	+ 92.8	1287	+ 259	+ 25.2	47.4	—26.0	—35.4
.v. weit. 200 ccm. (i. G. 800)	5	24	+10	+ 71.4	1223	+ 195	+ 19.0	51.0	—22.4	—30.5
.v. weit. 200 ccm. (i. G. 1000)	5	24	+10	+ 71.4	1257	+ 229	+ 22.3	52.4	—21.0	—28.6
.v. weit. 200 ccm. (i. G. 1200)										

Protocoll Nr. VII.

Weibl. Hund. Gew. 8720 Grm. Narcose. Urethani 3.0, Morphii 0.05 intrv.

Zeit.	Anordnung des Versuches.	Dauer der gasometr. Bestimmung in Minuten.	Atemfrequenz pro Minute.			Minutenvolumen in ccm.			Atemtiefe in ccm.		
			Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %
4.17	Fesseln des Hundes		15								
4.40	Narcose Urethani 2.0		43								
4.54	Urethani 1.0		40								
5.15	Morphii 0.05		12								
5.30	Tracheotomie. Trachealcanüle 9 mm.		16								
5.37	Einschaltung in d. Gasuhr	6	12			1260			105.0		
5.53	„ „ „	6	11			1268			115.2		
6.10	„ „ „	6	14			1316			94.0		
6.20	Ohne Gasuhr	6	14								
6.36	Einschaltung in d. Gasuhr — Mittelwert aus d. 4 Versuchen.	6	11			1237			112.4		
			12			**1270**			**106.6**		
6.59	Off. Pneum. Can. 2 mm.	6	37	+25	+208.3	2481	+1211	+ 95.4	67.1	—39.5	—37.1
7.10	Exspir. geschl. P.	6	43	+31	+258.3	2047	+ 777	+ 61.2	47.6	—59.0	—55.3
7.35	Inspir. geschl. P.	6	45	+33	+275.0	1268	— 2	+ 0.2	28.2	—78.4	—63.5
7.48	Off. Pneum. Can. 3 mm.	4	42	+30	+250.0	1722	+ 450	+ 36.2	41.0	—65.6	—61.5
8.00	Exspir. geschl. Pneum. (entstand. a. d. off. P. 6 mm.)	3	43	+31	+258.3	2307	+1037	+ 81.7	53.7	—52.9	—49.6
8.05	Inspir. geschl. P.	3	29	+17	+142.5	1915	+ 645	+ 50.8	66.0	—40.6	—38.1
8.10	Offener P. 6 mm.	3	32	+20	+166.7	1814	+ 544	+ 42.9	56.7	—49.9	—46.8
8.15	Offener P. 8 mm.										

Protocoll Nr. VIII.

Männl. Hund. Gew. 13060 Grm. Narcose. Morph. 0.05, Urethani 2.0 intrv.

4.15	Vor dem Fesseln		24								
4.20	Fesseln des Hundes										
4.30			24								
4.45	Narcose Morphium										
5.05	Urethani 1.0										
5.15	Urethani 1.0										
5.17			90								
5.23			54								
5.25			48								
5.40	Tracheot. Trcan. 9 mm.										
5.45			27								
5.55			25								
6.09			24								
6.10	Einschaltung in d. Gasuhr	5	21			1935			92.2		
6.30	Einführung der Canüle in die r. Pleurahöhle										
6.36			26								
6.37	Ventilpneumoth.	1	39	+18	+ 85.7	554	—1381	— 71.3	14.2	—78.0	—84.6
7.03	Offener P. Can. 2 mm.	5	45	+24	+114.3	4852	+2917	+150.7	107.8	+15.6	+16.9
7.10	Offener P. Can. 3 mm.	5	50	+29	+138.1	4173	+2238	+115.6	83.5	— 8.7	— 9.4
7.17	Offener P. Can. 4 mm.	5	45	+24	+114.3	4227	+2292	+118.4	93.9	+ 1.7	+ 1.8
7.25	Offener P. Can. 6 mm.	5	40	+19	+ 90.5	3575	+1640	+ 84.7	89.4	— 2.8	— 3.0
7.36	Offener P. Can. 8 mm.	5	30	+ 9	+ 42.9	1848	— 87	— 4.5	61.6	—30.6	—33.2

Protocoll Nr. IX.

Weiblicher Hund. Gewicht 6700 Grm. Narcose. Morphium 0.05 subcutan.

Zeit.	Anordnung des Versuches.	Dauer der gasometr. Bestimmung in Minuten.	Atemfrequenz pro Minute.			Minutenvolumen in ccm.			Atemtiefe in ccm.		
			Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %
35	Narcose. Morphium.										
00	Fesseln in d. Rückenlage.										
15			13								
28			12								
35	Tracheotomie. Trachealcanüle 9 mm.										
40			11								
45	Einschaltung in d. Gasuhr	5	10			728			72.8		
50	Aufnahme von Curve A (Atembewegungen d. Tieres). Ohne Gasuhr.	2	12								
51	Aufnahme v. Curve B mit Gasuhr.	1	11								
57	Aufnahme v. Curve C mit Gasuhr.	5	10			753			75.3		
04	Aufnahme v. Curve D ohne Gasuhr.	5	10								
09	Off. P. Can. 2 mm.	5	27	+17	+170.0	1445	+ 717	+ 98.5	53.5	— 19.3	—26.5
16	Exspir. geschl. P.	5	30	+20	+200.0	1378	+ 650	+ 89.3	45.9	— 26.9	—37.0
23	Inspir. geschl. P.	5	30	+20	+200.0	1368	+ 640	+ 87.9	45.6	— 27.2	—37.3
36	Off. P. Can. 4 mm.	5	29	+19	+190.0	1425	+ 697	+ 95.7	49.1	— 23.7	—32.5
42	Off. P. Can. 6 mm.	5	25	+15	+150.0	1038	+ 310	+ 42.6	41.5	— 31.3	—43.0

Protocoll Nr. X.

Männlicher Hund. Gewicht 13880 Grm. Narcose. Morphium 0.05 subcutan, Morphium 0.025 intravenös.

00	Morphium 0.05 subc.										
00	Fesseln d. Tieres.		24								
15	Morphium 0.025 intrv.										
00			17								
15	Tracheotomie Trcan. 9 mm.										
00			12								
17	Einschaltung in die GU.	5	12			1640			136.7		
14	Exspir. geschl. Pneumoth. Can. 2 mm.	5	73	+61	+508.3	5870	+4230	+258.1	80.4	— 56.3	—40.5
22	Inspir. geschl. P.	5	53	+41	+341.6	4425	+2785	+169.8	83.5	— 53.2	—38.9
00	Off. P. Can. 2 mm.	5	56	+44	+366.7	3958	+2318	+141.3	70.7	— 66.0	—48.3
05	Ventilpneumothorax in statu nascenti	0.5	40	+28	+233.3	840	— 800	— 48.7	21.0	—115.7	—84.6
12	VP. in s. n.	0.425	48	+36	+300.0	1329	— 311	— 18.9	27.7	—109.0	—79.9
00	VP. in s. n.	0.425	55	+43	+358.3	1370	— 270	— 16.4	24.9	—111.8	—81.8
05	VP. in s. n.	0.45	51	+39	+325.0	1082	— 558	— 40.0	21.2	—115.5	—83.8
17	VP. in s. n.	0.45	51	+39	+325.0	925	— 715	— 43.6	18.1	—118.6	—86.7

Protocoll Nr. XI.

Männlicher Hund. Gewicht 6800 Grm. Narcose. Morphium 0.05 subcutan, Morphium 0.025 intravenös.

Zeit.	Anordnung des Versuches.	Dauer der gasometr. Bestimmung in Minuten.	Atemfrequenz pro Minute.			Minutenvolumen in ccm.			Atemtiefe in ccm.		
			Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %
3.45	Narcose. Morph. subcut.										
4.45	Fesseln des Hundes.										
4.46			14								
5.15	Morphium intravenös.										
5.20			20								
5.25	Tracheotomie. Trachealcanüle 9 mm.										
5.35			11								
5.36			12								
5.37			12								
5.39	Einschaltung i. d Gasuhr.	5	11			954			86.7		
5.55	Durchstechg. der Pleura.										
6.02	Offener P. Canüle 2 mm.										
6.09	Exspir. geschl. P.	5	43	+32	+290.9	1191	+ 237	+ 24,8	27.7	—59.0	—63.
6.53	Beiderseits off. P. (rechts Can. 2 mm., links 4 mm.)	3	52	+41	+372.7	1529	+ 575	+ 60.3	29.4	—66.1	—66.

Protocoll Nr. XII.

Weiblicher Hund. Gewicht 6170 Grm. Narcose. Morphium 0.05 intravenös

5.30	Fesseln des Tieres.										
5.40	Narcose Morph. intrv.										
5.45			10								
5.55	Tracheotomie. Trachealcanüle 9 mm.										
6.00		4	11								
6.06	Einschaltung i. d. Gasuhr.	5	10			1397			139.7		
6.15	Einschaltung i. d. Gasuhr.	5	11			1331			121.1		
—	Durchschnittswerte.		11			1364			130.4		
6.30	Einspritzung von 100 ccm. Luft in die l. P.	5	16	+ 5	+ 45.5	1312	— 52	— 3.9	82.0	— 48.4	—37.
6.42	Einspritzung von weiteren 100 ccm. (im G. 200 ccm.)	5	18	+ 7	+ 63.6	1512	+ 148	+ 10.8	84.0	— 46.4	—35.
6.53	Einspr. von weit. 100 ccm. (im Ganzen 300 ccm.)	5	20	+ 9	+ 81.8	1085	— 279	— 20.5	54.3	— 76.1	—58
7.03	Einspr. von weit. 100 ccm. (im Ganzen 400 ccm.)	5	26	+15	+136.4	1515	+ 151	+ 11.1	58.3	— 72.1	—55
7.18	Einspr. von weit. 100 ccm. (im Ganzen 500 ccm.)	5	22	+11	+100.0	1529	+ 165	+ 12.1	69.0	— 61.4	—47
7.30	Einspr. von weit. 100 ccm. (im Ganzen 600 ccm.)	5	32	+21	+190.9	1804	+ 440	+ 32.3	56.4	— 74.0	—56
7.37	Einspr. von weit. 100 ccm. (im Ganzen 700 ccm.)	5	37	+26	+236.4	2009	+ 645	+ 47.2	54.3	— 76.1	—58
7.45	Einspr. von weit. 100 ccm. (im Ganzen 800 ccm.)										

Protocoll Nr. XIII.

ännlicher Hund. Gewicht 10150 Grm. Narcose. Morphium 0.05 subcutan, 0.03 intravenös.

Zeit.	Anordnung des Versuches.	Dauer der gasometr. Bestimmung in Minuten.	Atemfrequenz pro Minute.			Minutenvolumen in ccm.			Atemtiefe in ccm.		
			Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahms.	Zunahme in %	Absolut.	Absolute Zunahme.	Zunahme in %
30	Morphium 0.05 subcutan.										
25			96								
35	Morphium 0.03 intravenös.										
45			16								
50	Tracheotomie. Can. 9 mm.										
57		3	21								
05	Einschaltung in d. Gasuhr	5	19			1569			82.6		
40	Offener P. Can. 2 mm.										
45	Gasuhr	5	75	+56	+294.8	2429	+ 860	+ 54.2	32.4	—50.2	—60.8
53	Exspir. geschlossen. P.	5	87	+68	+357.8	3615	+2046	+130.4	41.6	—41.0	—49.6
01	Inspir. geschlossen. P.	5	68	+49	+257.8	2285	+ 716	+ 45.6	33.6	—49.0	—59.3
09	Offener P. Can. 3 mm.	5	86	+67	+352.6	3035	+1466	+ 94.0	35.3	—47.3	—57.3
16	Inspir. geschlossen. P.	4	43	+24	+126.3	1495	— 74	— 4.1	34.8	—47.8	—58.0
28	Exspir. geschloss. P. Canüle 4 mm.	5	49	+30	+157.9	3823	+2256	+143.8	78.0	— 4.6	— 5.5
36	Offener P. Can. 4 mm.	5	76	+57	+300.0	2584	+1015	+ 64.9	34.0	—48.6	—58.8
43	Offener P. Can. 6 mm.	5	54	+35	+184.2	2544	+ 975	+ 62.1	47.1	—35.5	—43.0

Protocoll Nr. XIV.

ännlicher Hund. Gewicht 13700 Grm. Narcose. Morphium 0.03 subcutan, Morphium 0.07 intravenös.

15	Morphium subcutan.										
40	Fesseln des Tieres.										
50			72								
02	Morphium 0.05 intravenös.										
15			48								
18	Morphium 0.02 intravenös.										
20			28								
25			20								
33	Tracheot. Trcan. 9 mm.										
40		3	17								
45	Einschaltung in d. Gasuhr.	5	16			1814			113.4		
20	Ventilp. in statu nasc.	0.5	20	+ 4	+ 25.0	1242	— 572	— 31.5	62.1	—51.3	—45.2
25	Ventilp. in statu nasc.	0.5	28	+12	+ 75.0	1512	— 302	— 16.6	53.8	—59.6	—52.6
30	Ventilp. in statu nasc.	0.5	24	+ 8	+100.0	1109	— 705	— 38.7	46.2	—67.2	—57.5
30	Offener P. 2 mm.	5	45	+29	+181.3	3750	+1936	+106.7	83.3	—30.1	—26.6

Protocoll Nr. XV.

Männlicher Hund. Gewicht 8430 Grm. Narcose. Chloralhydrat 3.0 intravenös.

Zeit.	Anordnung des Versuches.	Dauer der gasometr. Bestimmung in Minuten	Atemfrequenz pro Minute.	Minutenvolumen in ccm.	Atemtiefe in ccm.
3.30	Fesseln des Hundes in der Rückenlage.		28		
3 50			35		
4.00	Chlorali hydrati 0.75 intravenös.				
4.08	Chlorali hydrati 0.75 intravenös.		24		
4.20	Tracheotomie Trachealcanüle 9 mm.		36		
4.38	Einschaltung in die Gasuhr.	4	39	2369	60.7
4.45			81		
4.46	Chloralhydr. 0.75 intravenös.				
4.50			38		
4.53	Einschaltung in die Gasuhr.	4	34	1718	50.5
5.10			50		
5.15			57		
5.18	Einschaltung in die Gasuhr.	2	45	2495	55.4
5.25			82		
5.33	Chloralhydr. 0.75 intravenös.				
5.35			56		
5.40	Einschaltung in die Gasuhr.	4	40	1865	46.6
5.55	Einschaltung in die Gasuhr.	4	48	2415	50.3
6.10	Einschaltung in die Gasuhr.	2	50	2596	51.9
6.27	Einschaltung in die Gasuhr.	4	49	2801	57.2

Inhaltsverzeichnis.

pag.

Einleitung 7
Methode der Untersuchung 10
Geschlossener Pneumothorax 31
Offener Pneumothorax 41
Ventilpneumothorax 50
Resumé 54
Versuchsprotocolle 56

Thesen.

1. Bei Behandlung der fieberhaften Infectionskrankheiten sind Antipyretica entbehrlich.
2. Für die Beurteilung der Verhältnisse des weiblichen Beckens ist bei Multiparen der frühere Geburtsverlauf am meisten ausschlaggebend.
3. Das Verschreiben von Recepten in Grammen sollte allgemein die ältere Schreibweise verdrängen.
4. Aether sollte aus dem antiseptischen Regime gestrichen werden.
5. Melancholie bedarf ausschliesslich einer Anstaltsbehandlung.
6. Der Eintritt von Luft in die bei den Operationen geöffneten Venen ist nicht so schädlich, als man es gewöhnlich annimmt.
7. Die unter dem Namen Suggestion mentale par distance bekannte hypnotische Erscheinung beruht in manchen Fällen möglicherweise auf einer Ueberempfindlichkeit des Gehörsinns des Mediums.
8. Das Mass für Conjugata vera kann speciell bei engem Becken auf trigonometrischem Wege ermittelt werden.